UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
FACULTAD DE BELLAS ARTES



TESIS DOCTORAL

Conocimiento y cultura científico-humanista. Análisis y estudio de casos de modelos de interacción y de colaboración disciplinar en la creación artística contemporánea.

MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR
PRESENTADA POR

Ana Zdravković

Directora

María del Mar Cuevas Riaño

Madrid

© Ana Zdravković, 2022

TESIS DOCTORAL

CONOCIMIENTO Y CULTURA CIENTÍFICO-HUMANISTA.

Análisis y estudio de casos de modelos de interacción y de colaboración disciplinar en la creación artística contemporánea.

MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR
presentada por

Ana Zdravković

Directora:

Maria del Mar Cuevas Riaño

Universidad Complutense de Madrid
Facultad de Bellas Artes

TESIS DOCTORAL
CONOCIMIENTO Y CULTURA CIENTÍFICO-HUMANISTA. Análisis y estudio de casos de modelos de interacción y de colaboración disciplinar en la creación artística contemporánea.
Ana Zdravković

UCM
Facultad de
Bellas Artes
2022

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
FACULTAD DE BELLAS ARTES



TESIS DOCTORAL

Conocimiento y cultura científico-humanista. Análisis y estudio de casos de modelos de interacción y de colaboración disciplinar en la creación artística contemporánea.

MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR
PRESENTADA POR

Ana Zdravković

Directora

María del Mar Cuevas Riaño

Madrid, 2022

© Ana Zdravković, 2022

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
FACULTAD DE BELLAS ARTES



TESIS DOCTORAL

Conocimiento y cultura científico-humanista. Análisis y estudio de casos de modelos de interacción y de colaboración disciplinar en la creación artística contemporánea.

MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR
PRESENTADA POR

Ana Zdravković

Directora

María del Mar Cuevas Riaño

Madrid, 2022

© Ana Zdravković

AGRADECIMIENTOS

Este proyecto de investigación representa la culminación de mi interés por el ámbito de la integración disciplinaria que empezó hace siete años durante la realización del Máster en Investigación en Arte y Creación que hice en la Facultad de Bellas Artes de la Universidad Complutense de Madrid en 2013 cuando descubrí las relaciones existentes entre el arte y la ciencia.

La realización de este proyecto no habría podido ser posible sin la ayuda y tutoría de Maria Cuevas, mi directora de tesis. Gracias a su tiempo, a su paciencia y todas las revisiones a lo largo del periodo de la investigación he conseguido llevar este proyecto a cabo. Mi agradecimiento especial a David Ruiz Escribano por todas las revisiones y las correcciones textuales. Agradezco a todas las personas, familia y amigos que me han acompañado y apoyado y que me han dado ánimos continuos durante estos años.

Muchas personas han intervenido de una u otra forma en el desarrollo de este trabajo de investigación. Me siento muy afortunada de haber podido contar con la ayuda de varios profesionales del ámbito de las artes, las ciencias y las humanidades que aportaron información y/o experiencia para poder delimitar en profundidad el ámbito de conocimiento arte-ciencia. A todos ellos quiero expresar mi agradecimiento, ya que esta investigación no habría podido ser realizada sin su ayuda.

Gracias a Alexander Refsum Jensenius (investigador, músico y profesor en la Universidad de Oslo en Noruega), Anna Dumitriu (artista visual inglesa) y Joichi Ito (empresario japonés-estadounidense, ex-profesor en MIT y ex-director del *MIT Media Lab*) por compartir su visión sobre los tipos disciplinarios conmigo; a Vicki Sowry (directora de la *Australian Network for Art and Technology*-ANAT), Andrew Grodecki (coordinador del programa *Artist in Residence Science (AIRS) Program* en Queensland, Australia), Nicky Pastore (coordinadora del programa de exposiciones de la organización Experimenta en Melbourne, Australia) y al personal de la galería GV Art (Londres, Reino Unido) por proporcionarme información adicional sobre las organizaciones que he tratado en mi proyecto; a los creadores Willard Wigan (Reino Unido), Karen Kamenetzky (EE.UU) y Klaus Kemp (Reino Unido) por compartir conmigo detalles valiosos de su visión personal/profesional sobre el tema de la tesis; a los creadores Paul Vanouse (EE.UU), Ionat Zurr (Australia), Matthew Shlian (EE.UU), Richelle Gribble (EE.UU), Guy Ben-Ary (Australia) y a los científicos Martin Bencsik (*Nottingham Trent University*, Reino Unido), Max Shtein (*University of Michigan*, EE.UU), Rachel Sammons y Melissa Grant (*Birmingham University*, Reino Unido) por proporcionarme información sobre su experiencia colaborativa en el ámbito arte-ciencia. Mi agradecimiento especial a Claudia Schnugg (Austria), investigadora, comisaria y coordinadora de proyectos de colaboración arte-ciencia, por su tiempo y conversación sobre distintos aspectos de la colaboración arte-ciencia.

ÍNDICE

RESUMEN 17

ABSTRACT 18

INTRODUCCIÓN 19

Hipótesis 19
Objetivos 20
Estructura 21
Metodología 23

PARTE 1. CONOCIMIENTO Y CULTURA. ANÁLISIS DE LA CONSTRUCCIÓN, INSTITUCIONALIZACIÓN, LEGITIMACIÓN, TRANSMISIÓN, INSTRUMENTALIZACIÓN Y CAPITALIZACIÓN DEL CONOCIMIENTO CIENTÍFICO-HUMANÍSTICO EN LA SOCIEDAD OCCIDENTAL 27

Capítulo 1. Sistemas culturales arte-ciencia. Procesos relacionales y decodificación de estereotipos 29

1.1. Contextos arte-ciencia de validez epistemológica. Construcción de la realidad: presentación, representación, interpretación y descontextualización 31

1.1.1. Prehistoria. Presentaciones esquemáticas y simbólicas de lo cotidiano 32
1.1.2. Edad Antigua. Representación idealizada de la realidad 32
1.1.3. Edad Media. Representación documental/narrativa de los hechos 34
1.1.4. Edad Moderna. Representación mimética de la naturaleza 35
1.1.5. Edad Contemporánea. Interpretación y descontextualización del conocimiento científico 37

1.2. Estructuras identitarias de conocimientos diferenciados. Construcción de modelos de pensamiento estereotipados 45

1.2.1. Representaciones de la mismidad y de la alteridad. Procesos de identificación social 46
1. Imaginación 48
2. Curiosidad 49
3. Intuición 50
4. Estética 50
5. Pensamiento 51
1.2.2. Gestión organizativa del conocimiento en el ámbito educativo. Modelos conductuales de enseñanza-aprendizaje centrados en itinerarios formativos y estratégicos 54

1.3. Construcción de un espacio multicultural intercambiable. De la contradicción del espacio diferencial a la revelación de un espacio compartido 61

Capítulo 2. Conformación de identidades arte-ciencia. Conocimiento intersubjetivo, ámbito académico y estrategias de organización laboral 65

2.1. El conocimiento y el capital humano. Transformación de los discursos intersubjetivos en el contexto actual 67

2.1.1. Consciencia de la realidad y comprensión del mundo físico. Creación de la memoria colectiva y del conocimiento compartido 67

2.1.2. Correlaciones, observación y reflexión sobre la construcción de los discursos analítico-estéticos. La creatividad en el espacio del conflicto 69

1. Articulación de lo físico VS articulación de lo intangible. Funcional/Emocional 69
2. Construcción científica de los hechos VS construcción perceptiva de la realidad. Objetivo/Subjetivo 70
3. Conexiones lógicas sistémicas VS conexiones intuitivas arbitrarias. Consciente/Inconsciente 71

2.1.3. Estrategias para el desarrollo personal y profesional en el entorno laboral 71

1. Posicionamiento profesional social. Incentivos, competitividad y expectativas 71
2. La creatividad y la estética en la contribución del desarrollo profesional 72
3. Estrategias participativas, autorregulación del aprendizaje y construcción del conocimiento a través del error 73

2.2. El conocimiento y la investigación académica. Construcción del talento diferencial y eficiente 75

2.2.1. Procesos experimentales y aproximaciones relacionales 75

1. Investigación 75
2. Metodología 76

2.2.2. Cartografías, perspectivas y métodos. Relación teoría-práctica en los procesos curriculares artísticos y científicos 79

1. Contexto científico 80
2. Contexto artístico 81

2.3. El conocimiento y las relaciones del poder. Gestión estratégica de las organizaciones dedicadas a la investigación-creación: misión, visión y valores 89

2.3.1. Índices para medir los sistemas de calidad de las relaciones profesionales. Promoción y ascenso personal, encuentros interpersonales, discursos críticos y lenguaje no verbal 89

2.3.2. Construcción identitaria y principios de actuación. Políticas, estatutos, códigos de buen gobierno y clima organizacional 90

2.3.3. Transferencia del conocimiento: divulgación y difusión. Dispositivos para validar productos, servicios y procesos de creación-investigación 91

1. Argumentación y pensamiento crítico 91
2. Comunicación y democratización del conocimiento 92

2.3.4. Sociología de las emociones. Lo personal, lo laboral y el entorno 93
2.3.5. Problematización de las prácticas profesionales arte-ciencia y las relaciones participativas preexistentes 94
2.3.6. Consumo y mercantilización. Análisis de riesgos y contradicciones 95
2.3.7. Diseño intergeneracional de la vida laboral. Elementos predictivos y fases de madurez del individuo 97

PARTE 2. MODELOS DE INTERACCIÓN DISCIPLINARIA. CLASIFICACIÓN, TERMINOLOGÍA Y DESAFÍOS 99

Capítulo 3. Sistemas de conocimiento híbrido. Visión postmoderna de la relación arte-ciencia 101

3.1. *Anti-*, *co-*, *cros-*, *inter-*, *intra-*, *meta-*, *mono-*, *multi-*, *no-*, pluri-, *poli-*, *trans-*. Terminología descriptiva y análisis comparativo de las interacciones disciplinarias 103

3.2. *Post-*. Conocimiento crítico y posicional de las disciplinas. Análisis comparativo de los tipos disciplinarios desde un enfoque predisciplinar y antidisciplinar 119

3.3. Propuesta integradora. Marco epistemológico predisciplinar, disciplinar, postdisciplinar y antidisciplinar 127
3.3.1. Grupo predisciplinar 128
3.3.2. Grupo disciplinar 128
3.3.3. Grupo post- o no-disciplinar 129
3.3.4. Grupo antidisciplinar 132

Capítulo 4. Pensamiento sistémico y complejidad. Desafíos y ventajas de la interrelación disciplinaria 133

4.1. Ventajas de la interacción disciplinaria 135
4.1.1. Nacimiento de nuevas disciplinas integradas 135
4.1.2. Tratamiento de problemas complejos a través de la especialización y la interacción disciplinaria 136
4.1.3. Mejora de la comprensión de la realidad física y social 138

4.2. Desafíos de la interacción disciplinaria 141
4.2.1. Justificación del enfoque 141
4.2.2. Aprendizaje y profundidad del conocimiento 143
4.2.3. Estimación de la especialización 144
4.2.4. Posicionamiento de la actividad profesional en el ámbito académico 144

PARTE 3. VÍNCULOS ARTE-CIENCIA EN LA CREACIÓN CONTEMPORÁNEA. ESTUDIO DE CASOS DE PROYECTOS ARTÍSTICOS Y DE ORGANIZACIONES INSTITUCIONALES ARTÍSTICO-CIENTÍFICAS 147

Capítulo 5. Creación artística contemporánea situada en interacción con la ciencia 149

5.1. Botánica. Representaciones fitológicas y lenguajes específicos del arte contemporáneo 151

5.1.1. Herbarios. Modelos de representación del conocimiento: formas escultóricas, ilustraciones y fotografías 151

5.1.2. Estudio de casos. Procesos, sistemas y dispositivos de modelización de la flora 159

1. Mimesis de los aspectos morfológicos de las plantas. Tatyana Yanishevsky, Lesley Richmond y Meredith Woolnough 160
2. Sistemas radiculares y sistemas de vástago. Kazuhito Takadoi, Hillary Waters Fyle y Diana Scherer 163
3. Gramáticas formales de crecimiento y reproducción de estructuras y patrones vegetales. Christa Sommerer/Laurent Mignonneau y Ronald van der Meijs 166

5.2. Entomología. Geometrías, estructuras derivadas, comportamientos funcionales y ecosistemas 173

5.2.1. Insectarios. Modelos de interpretación funcional aplicados en la naturaleza: colecciones escultóricas, pictóricas e ilustradas 173

5.2.2. Estudio de casos. Sistemas didácticos, generativos y fraccionados en base a insectos 176

1. Mimesis de los aspectos morfológicos de los insectos. Mark Fairnington, Lorenzo Possenti y Cornelia Hesse-Honnegar 176
2. Hábitats alterados, patrones y estructuras repetitivas. Maurits Cornelis Escher y April Vollmer 179
3. Gramáticas formales de fragmentación y resignificación identitaria. Alan Bur Johnson, Gail Wight, Stan Brakhage, Kazuo Kadonaga, Yukinori Yanagi, Hubert Duprat y Wolfgang Buttress 181

5.3. Anatomía humana. Archivos epistemológicos de anatomía y proyectos artísticos reflexivos 189

5.3.1. Atlas anatómicos. Modelos de gestión de la información corporal: colecciones escultóricas y pictóricas 189

5.3.2. Estudio de casos. Estéticas del cuerpo fragmentado 196

1. Mimesis de la morfología funcional orgánica. Tatyana Yanishevsky 197
2. Miología. Manipulación formal de los tejidos musculares. Giselle Vitali 199
3. Sistema circulatorio. Poéticas duales cuerpo-mente. FRM 199

5.4. Neurociencia. De las primeras representaciones pictóricas del cerebro humano a la investigación artística sobre conexiones neuronales 201

5.4.1. Cartografías corticales. Estudio comparativo del desarrollo del conocimiento neurocientífico 201

5.4.2. Estudio de casos. Neuroimagen, neuroestética y neuroarte en la configuración del sistema nervioso 204

1. Morfología y funcionalidad del cerebro humano. Cristóbal Guerra, Richelle Gribble y Greg Dunn 206
2. Procesos neurológicos y descontextualización de los elementos de neurociencia en procesos de investigación. Robert Morris, Jill Scott y Maurice Benayoun 211

5.5. Genética. Generación de la identidad y la unicidad. Lenguajes, elementos y procesos de la investigación genética en la creación visual 221
5.5.1. Muestrarios de códigos genéticos. Interés, divulgación y comercialización por las secuencias genéticas. Información, transcripción y procesamiento de los recursos hereditarios 222
5.5.2. Estudio de casos. Representación simbólica y procesal de sistemas de datos biológicos. Replica de la apariencia y del comportamiento de los organismos vivos 223
1. Técnicas de caracterización de la biología molecular y la citogenética. Suzanne Anker y David Aschbaugh 223
2. Genotipos y fenotipos que configuran sistemas orgánicos diferenciados. Kevin Clarke y Marc Quinn 225
3. Bioingeniería aplicada a organismos genéticamente modificados. George Gessert y Eduardo Kac 228

5.6. Microscopía. Herramientas, técnicas y lenguajes propios científico-artísticos para la observación del mundo a escalas minúsculas y microscópicas 233
5.6.1. Colecciones de preparaciones microscópicas. Equipos e instrumentos de laboratorio, micrografías e ilustraciones 235
5.6.2. Estudio de casos. Técnicas e iconografía de lo microscópico aplicadas a la producción visual 240
1. Construcción de microesculturas y ficotecas. Willard Wigan y Klaus Kemp 241
2. Fotomicrografía para la visualización de lo invisible. Rose-Lynn Fisher, Martin Oeggerli, Rob Kesseler y Ken Rinaldo 243
3. Procesos creativos bioinspirados en lo estructural y lo fisiológico. Karen Kamenetzky, Judy Busby, Robert Keseler y Ken Yonetani/Julia Yonetani 249

5.7. Sistemas generativos. Estética de ordenes basados en la construcción de la naturaleza 257
5.7.1. Biblioteca de patrones. Repetición, ritmo y estructura 257
5.7.2. Estudio de casos. Procesos repetitivos analógicos y procesos computacionales 263
1. Celdas básicas, módulos repetitivos y patrones. Gail Wight, Meredith Woolnough, Roland Flexner, Pernille Snedker Hansen y Matthew Shlian 264
2. Simetría y procesos químicos. Gail Wight y Emanuele Fornasier 269
3. Mecanismos y patrones evolutivos. John Edmark, Chico McMurtrie, Karl Sims, Natalie Settles y Marius Watz 271

5.8. Ecosistemas bio. Materia orgánica en el entorno real y virtual 279
5.8.1. Repositorios sistematizados de material biológico. Registros gráficos históricos de información biológica 279

5.8.2. Estudio de casos. Concepto de la vida y sus propiedades en la creación artística 280
1. Generación del ciclo de la vida en el contexto digital-virtual. Christa Sommerer/Laurent Mignonneau y Karl Sims 281
2. Organismos vivos en entornos físicos manipulados. Gail Wight y Aki Inomata 284
3. Sistemas bacterianos y celulares. Mecanismos, automatismos y bio-robots. Ken Rinaldo, Paul Vanouse, Joe Davis, Anna Dumitriu, Ionat Zurr/Oron Catts y Guy Ben-Ary 286

Capítulo 6. Organizaciones e instituciones público-privadas que fomentan y/o desarrollan los proyectos colaborativos artístico-científicos. Origen histórico, posicionamiento conceptual, estructura organizativa, programación y modelos de financiación 301

6.1. Años 60 303
6.1.1. *Center for AdvancedVisual Studies*- CAVS (EE.UU) 303
6.1.2. *Exploratorium* (EE.UU) 305

6.2. Años 70 309
6.2.1. *Harvestworks* (EE.UU) 309
6.2.2. *Ars Electronica* (Austria) 310

6.3. Años 80 313
6.3.1. *V2_Lab for the Unstable Media* (Holanda) 313
6.3.2. *International Society for the Arts, Sciences and Technology - ISAST, Leonardo* (EE.UU) 315
6.3.3. *Australian Network for Art and Technology* - ANAT (Australia) 317
6.3.4. *Art&Science Collaborations, Inc.* - ASCI (EE.UU) 319
6.3.5. *Zentrum für Kunst und Medien* - ZKM (Alemania) 320

6.4. Años 90 323
6.4.1. *Arts Catalyst* (Reino Unido) 323
6.4.2. *Eyebeam* (EE.UU) 324
6.4.3. Concurso Internacional Arte y Vida Artificial- VIDA (España) 325

6.5. Años 2000 327
6.5.1. *SymbioticA* (Australia) 327
6.5.2. *Hexagram* (Canadá) 329
6.5.3. *The Institute For Figuring* (EE.UU) 330
6.5.4. *Artists in Labs Program* (Suiza) 332
6.5.5. *Foundation for Art and Creative Technology* - FACT (Reino Unido) 334
6.5.6. Fundación Zaragoza Ciudad del Conocimiento (España) 335
6.5.7. *GV Art* (Reino Unido) 338
6.5.8. *Synapse Art and Science* (EE.UU) 339
6.5.9. *IméRA* (Francia) 340
6.5.10. LABoral Centro de Arte y Creación Industrial (España) 342
6.5.11. *Bioart Society* (Finlandia) 344
6.5.12. *Science Gallery* (Irlanda) 346
6.5.13. *Beakerhead* (Canadá) 347

6.5.14. *Culture at Work* (Australia) 348
6.5.15. *Electronic Art and Intermiedia* - EAI (EE.UU) 349
6.5.16. *Center for Promotion of Science* - CPN (Serbia) 350
6.5.17. *Bio Art Lab* (EE.UU) 352
6.5.18. *Arts at CERN* (Suiza) 354
6.5.19. *Biofaction* (Austria) 355
6.5.20. *Synergy* (EE.UU) 357
6.5.21. *Ligo Project* (EE.UU) 359
6.5.22. *Experimenta* (Australia) 360
6.5.23. *Scientific Delirium Madness* (EE.UU) 361
6.5.24. *Fermilab* (EE.UU) 362
6.5.25. *European Digital Art and Science Network* (Austria) 363
6.5.26. *ArtSail* (EE.UU) 364
6.5.27. *Artist in Residence Science Program* (Australia) 365
6.5.28. *Art the Science* (Canadá) 367
6.5.29. *Coalesce BioArt Lab* (EE.UU) 368
6.5.30. *Instituto Milieux de Arte, Cultura y Tecnología* (Canadá) 369
6.5.31. *Institute for Research in Biomedicine*- IRB Barcelona (España) 371

Capítulo 7. Análisis comparativo y relacional basado en el estudio de casos de creadores y de organizaciones que realizan sus actividades en este sector 373

7.1. Comunidades de creadores. Análisis cuantitativo-cualitativo y representación gráfica de resultados y conclusiones 375
7.1.1. Localización y distribución geográfica 375
7.1.2. Áreas de conocimiento científico y técnicas de producción artística 377
7.1.3. Centros de estudio y formación curricular 382
7.1.4. Dispositivos artísticos y redefinición de estrategias estéticas 384

7.2. Comunidades institucionales. Análisis cualitativo y representación gráfica de resultados y conclusiones 393
7.2.1. Informe cronológico de los años fundacionales 393
7.2.2. Localización y distribución geográfica 394
7.2.3. Disciplinas integradas 396
7.2.4. Instituciones inscritas en el ámbito académico 399
7.2.5. Principios fundacionales y organizativos 400
1. Divulgación científica a través del arte 400
2. Apoyo a la exploración-investigación artística en las instalaciones científicas 402
3. Investigación e innovación 403
4. Muestras de creación artístico-científica. Nuevos paradigmas de innovación-investigación 404
7.2.6. Programación 404
7.2.7. Modelos de financiación 414
1. Europa 414
2. Estados Unidos 417

3. Canadá 419
4. Australia 420

PARTE 4. ESTRATEGIAS COLABORATIVAS. ESTUDIO DE CASOS DE INTERACCIONES ENTRE ARTISTAS Y CIENTÍFICOS 423

Capítulo 8. Procesos de interacción cognitiva. Enfoque integrador y métodos indagatorios: ventajas y beneficios 425

8.1. Colaboraciones disciplinarias. Terminología, tipología y modalidades 427
8.1.1. Modelos de producción del conocimiento 428
8.1.2. Tipos de colaboración 430
1. Complementaria/integradora 431
2. Intramural/extramural 431
3. Vertical/horizontal – especializada/no especializada 432
8.1.3. Redes complejas interconectadas y tipologías y procesos de atribución conductual 433
1. Actividad artística como objeto de la investigación científica 433
2. Colaboración entre artistas y científicos 433
3. Producción profesional artístico-científica autónoma 434

8.2. Factores a nivel individual y profesional que fomentan y obtienen un resultado satisfactorio del proceso colaborativo 435
8.2.1. Circuitos contributivos y comportamientos asociados 435
8.2.2. Construcción de experiencias biográficas diferenciadas 437
1. Personal 437
2. Laboral 438
3. Social 439
8.2.3. Mecanismos profesionales de aproximación cognitivo-conductuales 441
1. Laboral 441
2. Social 442
3. Financiera 443

Capítulo 9. Análisis de las relaciones simbióticas. Tipología y estrategias procesales 445

9.1. Comportamientos asociados al ámbito investigación-creación 447
9.1.1. Tácticas relacionales. Procesos de creación (in)dependientes 447
9.1.2. Simbiontes. Relaciones de comensalismo y de mutualismo 450

9.2. Modelos de interdependencia procesal. Estudio de casos 459
9.2.1. Natalie Settles - Stephen Tonsor. *The Evolving Wallpaper* (2011-2014) 465
9.2.2. Matthew Shlian - Max Shtein. *Paper Engineering* (2006-2017) 469
9.2.3. Robert Kesseler - Melina Schuh. *Lens on Life* (2014) 470
9.2.4. Wolfgang Buttress - Martin Bencsik. *The Hive* (2015) 473

9.2.5. Jill Scott - Esther Stoeckli.
SOMABOOK - Art and Neural Development (2013) 475
9.2.6. Richelle Gribble - Dana Simmons.
Neural networks; *Interwined*; *The Trees Inside Our Brain* (2015-2016) 477
9.2.7. Marc Quinn- Sir John Sulston.
Sir John Sulston (2001) 479
9.2.8. Eduardo Kac - Louis-Marie Houdebine y Patrick Prunet.
GFP Bunny (2000) 480
9.2.9. Eduardo Kac - Neil Olszewski.
Natural History of Enigma (2003-2008) 482
9.2.10. Anna Dumitriu - Melissa Grant y Rachel Sammons.
Microbe Mouth (2016) 485

CONCLUSIONES 487

REFERENCIAS CONSULTADAS 495

Libros 495
Capítulos de libros 496
Artículos 498
Trabajos Fin de Grado – TFGs 503
Trabajos Fin de Máster – TFMs 503
Tesis doctorales 503
Revistas 503
Catálogos de exposiciones 506
Enciclopedias en línea 507
Diccionarios 507
Páginas web personales 509
Publicaciones en línea 511
Conferencias 513
Audios 513
Vídeos 513

ANEXOS 517

I. Listado de imágenes organizadas por capítulos 517
II. Listado de creadores analizados en la tesis organizados por orden alfabético 533
III. Listado de proyectos artísticos seleccionados organizados por orden alfabético 535
IV. Listado de organizaciones institucionales referenciadas en la tesis que fomentan y/o desarrollan colaboraciones arte-ciencia organizadas por orden alfabético 539
V. Tabla descriptiva y relacional de creadores responsables de los proyectos presentados en diferentes capítulos de la parte tres de la tesis organizados por orden alfabético 541
VI. Tabla descriptiva y relacional de organizaciones institucionales que fomentan y/o desarrollan colaboraciones arte-ciencia organizadas por orden cronológico 545

RESUMEN

Este proyecto de investigación titulado “Conocimiento y cultura científico-humanista. Análisis y estudio de casos de modelos de interacción y de colaboración disciplinar en la creación artística contemporánea” estudia cómo se producen las interacciones entre los procesos cognitivo-culturales del arte y de la ciencia. Compara el carácter de estos dos ámbitos del conocimiento y propone generar un espacio compartido híbrido del pensamiento teórico-práctico.

El pensamiento artístico y el pensamiento científico sirven para comprender y reflexionar sobre la complejidad de la realidad de acuerdo a las especificidades que cada uno de ellos tiene. En esta tesis se observan modelos posibles de interacción disciplinaria y se contemplan sus desafíos y sus marcos integradores. Se analizan procesos de creación/investigación contemporáneos en el ámbito del arte, vinculados a propuestas conceptuales propios del mundo de la ciencia. Se realiza un estudio comparativo de organizaciones e instituciones público-privadas que fomentan los proyectos colaborativos interdisciplinares. Se estudian las relaciones particulares y las interdependencias que definen el ámbito constructivo arte-ciencia.

Esta tesis está dividida en cuatro partes. En primer lugar, se analiza cómo se han generado los modelos de pensamiento visual que utilizan los artistas para describir y estructurar la realidad científica. Se observa la presencia de una estructura identitaria de un espacio compartido multicultural que propone el intercambio de conocimientos y habilidades. En segundo lugar, se examina la problemática que supone definir las relaciones que existen entre las disciplinas que contribuyen a generar un proyecto arte-ciencia colaborativo. Se propone un nuevo marco epistemológico postdisciplinar, que permita explorar los cruces y ampliar los límites disciplinarios. En tercer lugar, se analiza cómo se conforman los sistemas de producción arte-ciencia: creación-investigación, exhibición-divulgación. Se realizan estudios de casos de proyectos artísticos contemporáneos realizados en relación/colaboración con la ciencia y de organizaciones e instituciones que fomentan y promueven producciones artísticas colaborativas. En cuarto y último lugar, se exploran las relaciones simbióticas arte-ciencia en el contexto personal, social y profesional. Se realiza un estudio de casos de procesos colaborativos de integración disciplinaria realizados por artistas y expertos de otras áreas.

Palabras clave: Arte-Ciencia-Tecnología, Modelos de Conocimiento Alternativos, Modelos de Interacción Disciplinaria, Estrategias Colaborativas, Estudio de casos

ABSTRACT

This research project entitled “Scientific-humanistic knowledge and culture. Analysis and case study of disciplinary interaction and collaboration models in contemporary artistic creation” studies how the interactions between the two cognitive-cultural processes, art and science, take place. It compares the character of these two areas of knowledge and proposes to generate a hybrid shared space of theoretical-practical thought.

Artistic and scientific thinking serves to understand and reflect on on the complexity of reality according to the specific qualities that each of them has. In this thesis possible models of disciplinary interaction are observed and their challenges and integrating frameworks are contemplated. Contemporary creation/research processes in the field of art are analyzed, linked to conceptual proposals typical of the world of science. A comparative study of public-private organizations and institutions that promote interdisciplinary collaborative projects is carried out. The particular relationships and interdependencies that define the art-science constructive field are studied.

This thesis is divided into four parts. In the first place, it analyzes how the models of visual thought used by artists to describe and structure scientific reality have been generated. The presence of an identity structure of a shared multicultural space that proposes the exchange of knowledge and skills is observed. Secondly, the problem of defining the relationships that exist between the disciplines that contribute to generating a collaborative art-science project is examined. A new postdisciplinary epistemological framework is proposed, which allows exploring the intersections and expanding the disciplinary limits. Thirdly, it analyzes how art-science production systems are formed: creation-research, exhibition-dissemination. Case studies of contemporary artistic projects carried out in relation/collaboration with science and of organizations and institutions that encourage and promote collaborative artistic productions are carried out. Fourth and last, the symbiotic art-science relationships are explored in the personal, social and professional context. A case study of collaborative processes of disciplinary integration carried out by artists and experts from other areas is carried out.

Keywords: Art-Science-Technology, Alternative Knowledge Models, Disciplinary Interaction Models, Collaborative Strategies, Case Studies

INTRODUCCIÓN

El arte y la ciencia representan dos ámbitos de conocimiento impulsados por la necesidad del ser humano de comprender el mundo que le rodea. Se conciben como dos formas de pensamiento que sirven para reflexionar, entender y describir los problemas complejos de la realidad. Ambos crean contenidos e información, unas veces orientados a la creación-investigación y otras a la exposición-divulgación, con el propósito de acercar sus creaciones-descubrimientos a un público amplio.

Este proyecto de investigación se dedica a explorar el lugar común que se genera entre disciplinas diferentes. Los problemas emergentes hoy en día requieren para su comprensión, tratamiento y resolución un enfoque con puntos de vista integradores. De forma creciente, resulta necesario que los ámbitos del conocimiento arte-ciencia presenten propuestas resolutivas innovadoras resultado de su interacción.

Esta tesis observa modelos relacionales y sistemas colaborativos arte-ciencia. Analiza procesos de creación/investigación desde la perspectiva artística contemporánea buscando reflexionar, entender y describir los problemas complejos de la realidad. Impulsados por la necesidad del ser humano de comprender el mundo que le rodea, la investigación se dedica a explorar el lugar común arte-ciencia que se genera entre disciplinas buscando integrar los enfoques y resoluciones que ambos aportan. Estudia la terminología empleada para describir modelos de interacción disciplinaria con el fin de proponer un sistema de conocimiento híbrido integrador. Realiza estudios de casos de proyectos artísticos contemporáneos que parten de contenidos propios de la investigación científica, de organizaciones e instituciones abiertas a la experimentación y a la innovación y dedicadas a la idea de construir un futuro a partir de propuestas artísticas. Estudia modelos de relaciones simbióticas arte-ciencia (comensalismo y mutualismo) en los procesos de investigación y de creación artística.

HIPÓTESIS

La hipótesis de esta tesis doctoral es identificar los paradigmas de creación, investigación e innovación que propone un tipo de prácticas artísticas contemporáneas desarrolladas en el ámbito arte-ciencia. Señalar las características que utilizan arte y ciencia en los procesos de adquisición y generación de conocimiento para establecer un diálogo conectivo entre ellas.

El modelo arte-ciencia propuesto integra objetivos y metodologías y crea un espacio abierto y constructivo donde el intercambio de experiencias y conocimientos favorece la percepción de una realidad compleja donde las aportaciones del arte y de la ciencia son paritarias e inclusivas.

OBJETIVOS

Objetivos generales

1. Examinar los sistemas colaborativos arte-ciencia desde el punto de vista de su presentación, representación, interpretación y descontextualización. Señalar y visibilizar los modelos de conocimiento y los procesos teórico-prácticos que utilizan, buscando un espacio integrador en cuanto a la utilidad de los conceptos expuestos y a la expresión estética de su realización. Realizar un estudio comparativo de las estructuras identitarias diferenciadas que definen las áreas de conocimiento arte-ciencia. Proponer un espacio de relación común donde emerja un conocimiento compartido.
2. Recopilar y definir los términos actuales que describen modelos de interacción disciplinaria. Proponer una clasificación integradora de los términos utilizados. Proponer el prefijo *post-* como integrador de otros términos y como modelo de definición inclusivo. Examinar los desafíos de este enfoque y precisar las ventajas y las desventajas que conlleva.
3. Realizar estudios de casos de producciones artísticas contemporáneas realizadas en el contexto interactivo arte-ciencia. Recopilar información sobre organizaciones e instituciones históricas que promueven o han promovido la colaboración arte-ciencia y analizar los modos de gestión que proponen.
4. Realizar estudios de casos de interdependencias colaborativas entre artistas y científicos.

Objetivos específicos

1. Estudiar modelos de representación que los artistas han empleado a lo largo de la historia para incorporar los avances cognitivos y científico-tecnológicos a sus propuestas artísticas. Examinar posibilidades de interacción en el ámbito de conocimiento arte-ciencia con el fin de proponer un espacio intercultural de colaboración disciplinaria.
2. Analizar las estrategias de identidad personal y profesional que los artistas y científicos utilizan y definir los estereotipos que se les atribuyen.
3. Realizar un estudio comparativo de la terminología que describe la interacción disciplinaria. Señalar a los expertos y a los investigadores que tratan estos temas y las publicaciones donde aparecen estos términos.
4. Definir los ámbitos estético-científicos dónde incluir los estudios de casos realizados: botánica; entomología; anatomía; neurociencia; genética; microscopía; modelos generativos y patrones de la naturaleza; ecosistemas y bioingeniería.
5. Localizar las organizaciones e instituciones que fomentan y/o desarrollan las colaboraciones artístico-científicas y clasificarlas cronológicamente, según su orden de fundación.
6. Analizar el perfil profesional de los creadores contemporáneos seleccionados, teniendo en cuenta su lugar de origen y/o de residencia, el área de investigación científica en la

que realizan su producción artística, los medios que utilizan, y la formación curricular que les define.

7. Analizar los modelos de la gestión estratégica de investigación-creación que las organizaciones e instituciones que fomentan la interacción arte-ciencia proponen, teniendo en cuenta el año y el país de fundación, el ámbito de formación profesional de sus fundadores, la misión, la visión y los valores que proponen, la programación y los modelos de financiación.
8. Examinar modelos de producción de conocimiento arte-ciencia, teniendo en cuenta sus tácticas relacionales y sus modelos de interdependencia procesal.
9. Definir los modelos de interdependencia personal y profesional que los procesos colaborativos arte-ciencia requieren.

ESTRUCTURA

Esta tesis doctoral está dividida en cuatro partes y nueve capítulos:

Parte 1. Conocimiento y cultura. Análisis de la construcción, institucionalización, legitimación, transmisión, instrumentalización y capitalización del conocimiento científico-humanístico en la sociedad occidental

Estudia la convivencia del arte y la ciencia a lo largo del tiempo y analiza cómo los sistemas culturales han fragmentado y/o integrado el conocimiento. Esta parte está dividida en dos capítulos.

El primero, titulado "Sistemas culturales arte-ciencia. Procesos relacionales y decodificación de estereotipos", muestra las habilidades y percepciones que el artista aporta al profesional de la ciencia para visualizar y comunicar los avances cognitivos y/o tecnológicos que su ámbito ofrece. Describe los estereotipos arte-ciencia formados a lo largo de la historia y propone la creación de un espacio compartido que integra los conceptos de intercambio y colaboración.

El segundo capítulo, titulado "Conformación de identidades arte-ciencia. Conocimiento intersubjetivo, ámbito académico y estrategias de organización laboral", señala cómo los científicos y los artistas perciben la realidad, qué formas de investigación-creación específicas proponen y qué modos de funcionamiento estratégico utilizan.

Parte 2. Modelos de interacción disciplinaria. Clasificación, terminología y desafíos

Analiza la terminología utilizada para describir las relaciones disciplinarias. Está dividida en dos capítulos.

El tercer capítulo, "Sistemas de conocimiento híbrido. Visión postmoderna de la relación arte-ciencia", analiza la terminología empleada en la descripción de las interacciones

disciplinarias de acuerdo a las connotaciones que tienen los prefijos *anti-*, *co-*, *cros-*, *inter-*, *intra-*, *meta-*, *mono-*, *multi-*, *no-*, *pluri-*, *poli-*, *post-*, *pre-* y *trans-*. Propone una clasificación integradora dividida en cuatro grupos: predisciplinar, disciplinar, post- o no-disciplinar y antidisciplinar.

El cuarto capítulo, denominado "Pensamiento sistémico y complejidad. Desafíos y ventajas de la interrelación disciplinaria", describe la complejidad de las relaciones arte-ciencia y articula formas de pensamiento que facilitan un aprendizaje profundo.

Parte 3. Vínculos arte-ciencia en la creación contemporánea. Estudio de casos de proyectos artísticos y organizaciones institucionales artístico-científicas

Describe cómo se realiza la configuración de sistemas de producción arte-ciencia desde el punto de vista de la producción artística. Contiene tres capítulos.

El quinto capítulo, titulado "Creación artística contemporánea situada en interacción con la ciencia", realiza un estudio de casos de proyectos artísticos realizados en interacción con la ciencia y describe sus procesos constructivos.

El sexto capítulo, titulado "Organizaciones e instituciones público-privadas que fomentan y/o desarrollan los proyectos colaborativos artístico-científicos. Origen histórico, posicionamiento conceptual, estructura organizativa, programación y modelos de financiación", recopila organizaciones e instituciones que apoyan y promueven modelos de interacción arte-ciencia y/o facilitan el contacto colaborativo entre artistas, científicos u otros expertos.

El séptimo capítulo, titulado "Análisis comparativo y relacional basado en el estudio de casos de creadores y de organizaciones que realizan sus actividades en este sector", analiza el perfil profesional de los creadores que participan en el estudio de casos realizado en el capítulo quinto, teniendo en cuenta los siguientes criterios: (1) lugar de origen/residencia; (2) vínculo con la ciencia y medios de producción artística; (3) formación curricular; (4) redefinición de las estrategias estéticas. Analiza el perfil de las organizaciones e instituciones que participan en el estudio de casos en el capítulo sexto teniendo en cuenta los siguientes criterios: (1) marco cronológico; (2) localización geográfica; (3) procedencia profesional de sus fundadores; (4) inscripción o no al ámbito académico; (5) objetivos y valores; (6) programación; (7) modelos de financiación.

Parte 4. Estrategias colaborativas. Estudio de casos de interacciones entre artistas y científicos

Analiza modelos simbióticos arte-ciencia y realiza estudios de casos de procesos colaborativos realizados entre artistas y expertos de otras áreas. Está dividida en dos capítulos.

El octavo capítulo, titulado "Procesos de interacción cognitiva. Enfoque integrador y métodos indagatorios: ventajas y beneficios", estudia modelos de producción de conocimiento, basados en procesos de colaboración arte-ciencia.

El noveno capítulo, "Análisis de las relaciones simbióticas. Tipología y estrategias procesales", estudia la interdependencia personal y profesional de artistas y científicos a partir del análisis de diez estudios de casos que describen diferentes modelos de interdependencia procesal.

METODOLOGÍA

La investigación realizada en la presente tesis doctoral es de carácter teórico-práctico. La parte teórica incluye el análisis del ámbito cognitivo arte-ciencia concebido como un espacio constructivo de conocimiento compartido. La parte práctica recoge tres estudios de casos: proyectos de arte contemporáneo desarrollados en relación con la ciencia, organizaciones institucionales que fomentan la interacción arte-ciencia y estrategias colaborativas para el desarrollo de proyectos creativos en el contexto arte-ciencia.

Para su desarrollo se utilizan diferentes tipos de metodologías (histórica, documental, descriptiva, exploratoria, cualitativa y estudio de casos) y diferentes tipos de datos (primarios, obtenidos mediante entrevistas y correspondencias por correo electrónico, y secundarios, obtenidos mediante textos y artículos relacionados con el tema de investigación publicados en distintos medios y formatos).

- Metodología de investigación histórica. Particulariza los hechos ocurridos en el pasado con el fin de reflexionar sobre la situación actual. En este proyecto de investigación, el método histórico se utiliza en el primer capítulo para analizar cómo los artistas han interpretado visualmente los avances cognitivos y científico-tecnológicos que han producido los científicos a lo largo de la historia; en el quinto capítulo, para enmarcar los proyectos artísticos dentro de ámbitos de investigación científica característicos (botánica, entomología, anatomía humana, neurociencia, genética, microscopía, modelos generativos, patrones y bioingeniería); en el sexto capítulo, para recopilar las organizaciones e instituciones dedicadas al fomento de la interacción arte-ciencia y organizarlas por orden cronológico.

- Metodología de investigación documental. Implica el uso de los recursos documentales disponibles en fuentes teórico-prácticas utilizadas durante esta investigación. Supone la recopilación y la selección de información existente en distintos documentos. En la realización de la presente tesis se consultan diferentes libros, artículos, trabajos de fin de grado, trabajos de fin de máster, tesis doctorales, revistas, catálogos de exposiciones, enciclopedias, diccionarios, páginas web de artistas e instituciones, publicaciones en línea, presentaciones, grabaciones y vídeos vinculados al tema de la interacción arte-ciencia.

- Metodología de investigación descriptiva. Se centra en describir la terminología y distintas perspectivas de los conceptos observados. Este tipo de metodología fue utilizada en el primer capítulo con el fin de describir el espacio conceptual arte-ciencia; en el tercer capítulo, para describir los tipos de interacción disciplinaria; y en el octavo capítulo, para analizar la tipología de procesos colaborativos que se producen en el ámbito académico y artístico-científico.

- Metodología de investigación exploratoria. Busca profundizar en el conocimiento utilizando el mayor número de posibilidades combinatorias entre los conceptos seleccionados. En el tercer capítulo de este proyecto se exploraron diferentes tipos disciplinarios con el fin de proponer una clasificación integradora de estos fenómenos y los agrupa según sus características y el tipo de interacción que proponen.

- Metodología de investigación cualitativa. Busca comprender el contexto en el que se encuentra el objeto de estudio recopilando datos heterogéneos. Se ha aplicado para recopilar documentos de distintas partes de la tesis (testimonios orales y escritos de diferentes expertos en sus correspondientes campos de especialización, imágenes de proyectos, vídeos). En la primera parte de este proyecto se analizan las características identitarias del sistema científico-artístico. En la segunda parte se examina la problemática de la terminología vinculada a las relaciones disciplinarias y sus ventajas y desafíos. En la tercera parte se incorporan las obras artísticas que complementan el discurso conceptual de la tesis y se incorporan gráficos para describir la estructura de los conceptos utilizados en contextos específicos. En la cuarta se estudia la tipología y las posibilidades de colaboración entre disciplinas.

- Estudio de casos. Este proyecto de investigación contiene tres estudios de casos ubicados en el contexto arte-ciencia: proyectos de arte contemporáneo, organizaciones institucionales y modelos de colaboración entre artistas y científicos. El quinto capítulo estudia proyectos creativos clasificados según distintos campos de investigación científica. El sexto capítulo analiza el desarrollo cronológico y la estructura fundacional de las organizaciones institucionales que fomentan la unión arte-ciencia. El séptimo capítulo realiza un análisis del perfil identitario de los creadores seleccionados en el quinto capítulo (distribución geográfica, área y medios de producción artística, ámbito de formación profesional y dispositivos de exposición científico-estéticos de los proyectos estudiados) y del perfil de las organizaciones analizadas en el sexto (desarrollo cronológico, localización, formación profesional de los fundadores, principios fundacionales y objetivos, inscripción en el ámbito académico o no, programación, modelos de financiación). El noveno capítulo analiza modelos de colaboración entre artistas y científicos.

- Datos primarios. Obtenidos directamente, mediante entrevistas y correspondencias realizadas a través de correo electrónico. Durante la realización de la tesis se contactó con expertos de distintos ámbitos: con expertos en humanidades, a fin de recopilar información sobre la terminología aplicada a la descripción de las interacciones disciplinarias, elaborada en la segunda parte de este proyecto; con los fundadores/directores de las organizaciones e instituciones que apoyan la intersección arte-ciencia, estudiadas en la tercera parte de este proyecto, con el fin de resolver el problema de la falta de información en internet; y, finalmente, con artistas y científicos que colaboraron en proyectos comunes, estudiados en la cuarta parte de este proyecto, con el fin de analizar y comprender el proceso colaborativo arte-ciencia.

- Datos secundarios. Datos recopilados por investigadores con distintos propósitos en formato de publicaciones. En este proyecto se utilizaron los datos secundarios recogidos en escritos de profesionales de distintas ramas dentro del ámbito de las ciencias y de las humanidades.

PARTE 1

CONOCIMIENTO Y CULTURA. ANÁLISIS DE LA CONSTRUCCIÓN, INSTITUCIONALIZACIÓN, LEGITIMACIÓN, TRANSMISIÓN, INSTRUMENTALIZACIÓN Y CAPITALIZACIÓN DEL CONOCIMIENTO CIENTÍFICO-HUMANÍSTICO EN LA SOCIEDAD OCCIDENTAL

Los ámbitos del arte y de la ciencia se comprenden como dos modos de analizar los procesos cognitivos. Estas dos formas de pensamiento y conocimiento se han alejado y acercado en diferentes épocas de la historia. En algunas de ellas, desde su distancia se han llegado a describir como opuestas y con poca posibilidad de relacionarse, interactuar y crecer juntas. En otras, desde su cercanía se han podido identificar conceptos, percepciones y procesos comunes con posibilidades de interacción. Hoy en día, las posibilidades de colaboración entre profesionales de los dos ámbitos se consideran fundamentales para generar innovación y tratar los problemas emergentes que nos ocupan en el ámbito de la ciencia, arte, tecnología y la sociedad. Esta primera parte de proyecto de investigación contiene dos capítulos.

El primero identifica el marco histórico y describe cuatro modelos de construcción de la realidad arte-ciencia. Muestra cómo los artistas construyen los avances cognitivos de la ciencia utilizando modelos de pensamiento visual complejos: presentación, representación, interpretación y descontextualización. Estudia la construcción identitaria de los ámbitos de conocimiento arte y ciencia y cómo se gestionan e implementan dentro del ámbito académico. Propone la posibilidad de creación de un espacio del conocimiento compartido, determinado por metodologías y perspectivas propias.

El segundo capítulo está dedicado al análisis de los aspectos organizativos que articulan las profesiones vinculadas al mundo del arte y de la ciencia. Examina los diferentes modos de percibir la realidad, el desarrollo curricular personal y profesional de los individuos pertenecientes a ambos ámbitos de estudio y las motivaciones que les llevan a posicionarse en los diferentes ámbitos laborales. Las metodologías procesales artísticas y científicas se analizan dentro del contexto académico, observando sus procesos teórico-prácticos. Concluye el capítulo estudiando los distintos roles profesionales que establecen en el ámbito laboral de acuerdo a su organización funcional y jerárquica y a su forma de gestionarlos.

Capítulo 1

Sistemas culturales arte-ciencia. Procesos relacionales y decodificación de estereotipos

Los sistemas culturales arte y ciencia describen procesos relacionales-cognitivos interconectados que han coexistido a lo largo de la historia. Se comprenden como dos formas de codificar y decodificar la realidad que utilizan estrategias de observación, comprensión y descripción diferenciadas que se implementan en la actualidad de forma integradora. Este capítulo está dividido en tres partes.

La primera se dedica a analizar cuatro aspectos estratégicos para la construcción de la realidad y la visualización de los avances científico-tecnológicos: presentación, representación, interpretación y descontextualización. El estudio muestra cómo el artista se apropia de lo científico, lo descontextualiza, lo interpreta y lo incorpora como presentación/representación en un proyecto artístico. El análisis se realiza teniendo en cuenta lo histórico, la transformación estratégica que estos términos han tenido desde la Prehistoria hasta la Edad Contemporánea.

La segunda parte analiza el origen de las percepciones estereotipadas que describen el arte y la ciencia y los términos que emplean. Estudia el sistema educativo vigente heredado de la especialización y busca otros modelos alternativos para gestionar el conocimiento. Propone analizar la posición particular del arte en los modelos de enseñanza-aprendizaje STEM (*Science, Technology, Engineering, and Mathematics*) y STEAM (*Science, Technology, Engineering, Art and Mathematics*), así como en el modelo ABP (aprendizaje basado en problemas).

La tercera parte explora las posibilidades de creación de un espacio compartido entre el arte y la ciencia dónde los dos ámbitos del estudio comparten sus conocimientos, estrategias y procesos para solucionar problemas de interés común. Incentiva la interacción entre el arte y la ciencia para crear un ámbito intercultural conjunto donde la colaboración y el intercambio sean fundamentales para la construcción de ideas creativas e innovadoras.

1.1. Contextos arte-ciencia de validez epistemológica. Construcción de la realidad: presentación, representación, interpretación y descontextualización

El arte y la ciencia se entienden como dos procesos mentales y representan dos modelos de descripción del mundo. Las fluctuaciones de sus posiciones y la interacción disciplinaria entre ellos en diferentes épocas de la historia se analizan de acuerdo a las siguientes etapas: Prehistoria (el período de la humanidad antes de la aparición de la escritura), Edad Antigua (desde la aparición de la escritura hasta la caída del Imperio Romano en el s. V), Edad Media (desde el s. V hasta el descubrimiento de América en el s. XV), Edad Moderna (desde el s. XV hasta la Revolución francesa en el s. XVIII) y Edad Contemporánea (desde el s. XVIII hasta hoy). El desarrollo de estos dos procesos cognitivos muestra los cambios en la producción artística y la transformación de su papel en relación con los avances científico-tecnológicos (figura 1). La función del arte se puede observar a través de los siguientes términos.

- Presentación. Se refiere al "aspecto exterior de algo"[1] e implica el uso de formas morfológicas de figuras, objetos, animales, etc. en la descripción de artefactos. Está presente en el arte rupestre prehistórico que narra las actividades del ser humano y describe la vida cotidiana de la época.
- Representación. Una "imagen o idea que sustituye a la realidad".[2] Implica la imitación de los fragmentos de la realidad con más o menos nivel de detalle. Está presente durante la Edad Antigua, Media y Moderna en forma de representaciones idealizadas que celebran la belleza del cuerpo humano, archivísticas que reúnen el conocimiento sobre un tema en formato libro, y realistas que contienen información visualizada con un alto nivel de detalle.
- Interpretación. Se refiere a la compresión propia de un tema y la expresión basada en criterios personales. Esta presente en la Edad Contemporánea en el trabajo de los artistas que tratan los temas científicos de forma subjetiva y personal.
- Descontextualización. Implica el uso de elementos propios de un área de conocimiento en un ámbito distinto con un fin diferente al usual. Está presente en la Edad Contemporánea en la obra de los artistas que utilizan los elementos científicos (iconografía, imágenes o herramientas) fuera de su contexto, con fines creativos.

[1] Presentación (sin fecha). En: *Diccionario de la lengua española. Real Academia Española*. Recuperado de: https://dle.rae.es/presentaci%C3%B3n?m=form (Consultado el 03.12.2020).

[2] Representación (sin fecha). En: *Diccionario de la lengua española. Real Academia Española*. Recuperado de: https://dle.rae.es/representaci%C3%B3n (Consultado el 03.12.2020).



Figura 1. Etapas históricas del proceso cognitivo-artístico en términos de "presentación", "representación", "interpretación" y "descontextualización" de los avances tecnológico-científicos. Fuente: Producción propia.

1.1.1. Prehistoria. Presentaciones esquemáticas y simbólicas de lo cotidiano

En la etapa prehistórica se muestra el desarrollo de la relación artístico-científica donde el arte presentaba la actividad humana y el progreso tecnológico en diferentes ámbitos de la vida cotidiana. Eugene Garfield, lingüista y autor norteamericano, observa las primeras relaciones artístico-científicas en el arte rupestre en el artículo *Arte y Ciencia* (1989), publicado en la revista *Ensayos de un científico de la información: Creatividad, Reconocimiento diferido y otros Ensayos*. Basa su propuesta en el texto de la asesora artística de la Asociación Estadounidense para el Avance de la Ciencia (AAAS), Jeannette Murray, *Religion, Reality, and Relativity: the Scientific Tradition in Art* (1989)[3], donde la autora muestra cómo las pinturas rupestres de las cuevas de la Edad de Hielo en Europa representaban diferentes aspectos de la existencia y experiencia humanas.[4] En este caso, el arte se comprende como una herramienta de presentación de las estrategias y técnicas científicas propias de la vida cotidiana usando símbolos y figuras estilizadas, en forma de presentaciones esquemáticas (figura 2).

1.1.2. Edad Antigua. Representación idealizada de la realidad

La etapa de la Edad Antigua se caracteriza por la interacción disciplinaria como base de la innovación científica. El arte y la ciencia se desarrollaban de forma paralela, influyéndose una al otro. Los avances tecnológicos influían en la vida diaria del ser humano. El arte

[3] Murray, J. (1988). Religion, Reality, and Relativity: the Scientific Tradition in Art. En: Calhnun, D. & Cegielski, C. (Eds.) *Britannica yearbook of science and the future 1989*. pp.8-29. London: Encyclopaedia Britannica.

[4] Garfield, E. (1989). Art and Science. Part I. The Art-Science Connection. En: Garfield, E. (1989). *Essays of an Information Scientist: Creativity, Delayed Recognition, and other Essays. Vol. 12*. pp. 54-61. Current Contents # 8, pp. 1-10, February 20, 1989. Pág. 55. "These paintings – of animals, weapons, and other images of the hunt - demonstrate that even primitive humans had a drive to interpret and depict their experience of the physical world."

utilizaba nuevas tecnologías en su producción y desarrollaba el interés por las representaciones reales de la naturaleza, figura humana, eventos históricos, etc.

En Mesopotamia se desarrollaron de las matemáticas, la astronomía, la medicina y otras ramas del conocimiento. Los Sumerios inventaron la escritura sobre tablillas de arcilla. En sus principios la escritura tenía un papel administrativo. Después se usó en forma de inscripciones y de dedicatorias en las estatuas. Una de las esculturas con una inscripción-dedicatoria es la estatua del rey sumerio Gudea, llamada *El arquitecto*, del año 2450 a.e.c. (figura 3), que representa al rey Gudea sentado. Una parte de la prenda que cubre sus rodillas contiene la inscripción dedicada al dios Ningishzida y una lista de los templos construidos por el rey. El catedrático de Biología Celular de la Universidad de Murcia, José Meseguer Peñalver describe esta estatua como un ejemplo del "arte no espontáneo", realizado con el fin de visualizar una información. En su tesis doctoral *Arte y Ciencia: Consideraciones Artísticas sobre los Dibujos Histológicos de Santiago Ramón y Cajal* (2014)[5] el autor lo explica como opuesto al arte espontáneo que es producto de un impulso interno, personal. El término "espontáneo" se refiere a una acción hecha sin un plan, realizada como resultado de un impulso y sin premeditación o estímulo externo[6], mientras que lo no espontáneo se realiza con un fin determinado, siguiendo un plan y una metodología específicos. Aunque se trata de una inscripción y no exactamente de un dibujo, Peñalver lo describe como un caso de dibujo no espontáneo de la antigüedad.



Figura 2. Presentación esquemática de un ciervo. Cueva de Bacinete, Cádiz (4000 a.e.c – 1000 a.e.c.).
Fuente: https://es.wikipedia.org



Figura 3. *El arquitecto. Estatua sedente del príncipe Gudea.* Diorita, 46 x 33 x 22.50 cm (2120 a. e. c.).
Fuente: https://es.wikipedia.org

[5] Meseguer Peñalver, J. (2014). *Arte y Ciencia: Consideraciones Artísticas sobre los Dibujos Histológicos de Santiago Ramón y Cajal*. (Tesis doctoral). Facultad de Bellas Artes, Universidad de Murcia, España. Pág. 35

[6] Spontaneous (sin fecha). En: *Oxford Living Dictionaries*. Recuperado de: https://en.oxforddictionaries.com/definition/spontaneous. (Consultado el 30.10.2018). "Performed or occurring as a result of a sudden impulse or inclination and without premeditation or external stimulus."

Las inscripciones, textos, pinturas murales y artefactos del antiguo Egipto muestran los intereses y experiencias de los individuos de la época. La tecnología que desarrollaron facilitó la aplicación de nuevas formas de arte como el tallado en piedra de textos e imágenes que visualizaban distintos eventos y aspectos de la vida.

En la antigua Grecia se utilizaban materiales como piedra, arcilla y madera y se desarrollaron nuevas herramientas. Los individuos combinaban los intereses y conocimientos de varias áreas que a menudo resultaba en los descubrimientos. El historiador de la ciencia australiano Alistair C. Crombie propone la antigua Grecia como base del desarrollo de la ciencia medieval y moderna, pero también del arte visual, la música y la literatura contemporáneos. En el artículo *Experimental Science and the Rational Artist in Early Modern Europe* (1986), Crombie propone que existe una similitud del arte y la ciencia en la cultura de la antigua Grecia, en tanto que las dos áreas tienen expectativas similares, relacionadas con las ideas de lo material o lo moral.[7] El arte de la época se basa en la imitación de la realidad y de la naturaleza de acuerdo a un modelo de belleza establecido, con un toque de la idealización en las representaciones de la figura humana.

En la época del Imperio Romano se usaba una amplia variedad de materiales que aportó al avance tecnológico. El vidrio soplado, el hormigón, el arco y otros inventos desarrollados en la época impactaron la vida social y la vida cultural de los individuos. Partiendo de la herencia griega, el arte muestra interés por lo real, representando diferentes personas, a menudo gobernadores, pero también muestra un carácter descriptivo, representando escenas históricas y/o religiosas.

1.1.3. Edad Media. Representación documental/narrativa de los hechos

En la Edad Media aparecen dibujos en color realizados sobre pergamino. Se trata de representaciones dedicadas a temas religiosos y científicos de la época. Éste es el caso del manuscrito ilustrado *Dioscórides de Viena* (s. VI), una copia de parte de la obra *De materia medica* (s. I) escrita por el científico de la antigua Grecia Pedanio Dioscórides, dedicada al uso de las plantas medicinales, minerales y sustancias de origen animal de la medicina de la época. El libro *Dioscórides de Viena* representa la más antigua copia preservada de *De materia medica*, realizada para el uso de la princesa bizantina Anicia Juliana, hija del emperador Olibrio (figura 4).

El gráfico de acupuntura del libro *Expression of the Fourteen Meridians* (*Shi si jing fa hui*) escrito por el médico chino Hua Shou en el siglo XIV, muestra líneas de flujo de energía en el

[7] Crombie, A. (1986). Experimental Science and the Rational Artist in Early Modern Europe. *Daedalus, 115*(3), pp. 49-74. Pág. 50. "… a mathematically and causally structured science of nature, a morally structured drama, and painting and music each structured mathematically to make their aesthetic or dramatic effects."

cuerpo humano. La figura humana está representada de perfil con un dibujo simple, lineal, en blanco y negro. Los meridianos del cuerpo están marcados con círculos pequeños y descritos con el texto en chino (figura 5).





Figura 4. *Dioscórides de Viena*. De izquierda a derecha: representación de la planta zarzamora europea con el texto escrito en griego medieval sobre su uso medicinal; representación de tres pájaros: herrerillo común (*Cyanistes caeruleus*), cárabo común (*Strix aluco*) y cernícalo primilla (*Falco naumanni*). Ilustraciones sobre folios de vitela, 37 x 30 cm (512 e. c.). Fuente: https://es.wikipedia.org



Figura 5. Átlas gráfico de acupuntura. Representación de puntos y meridianos. En *Expression of the Fourteen Meridians* (*Shi si jing fa hui*), Hua Shou (s. XIV). Fuente: https://scientificillustration.tumblr.com

1.1.4. Edad Moderna. Representación mimética de la naturaleza

La transición entre la Edad Media y la Edad Moderna la marcó la época del Renacimiento, el movimiento cultural de la Europa Occidental que tuvo lugar durante los siglos XV y XVI. Esta época trajo varias personalidades que realizaron aportes importantes para la historia del arte y la ciencia. El historiador americano Brooke Hindle escribe sobre los individuos de la época renacentista que desarrollaron sus actividades en más de un campo de trabajo en su texto *From Art to Technology and Science* (1986).[8] Con su trabajo, estos individuos aportaron técnicos y científicos al desarrollo de su arte. Fillipo Brunelleschi, conocido por sus logros en el campo de la arquitectura, también destacó como ingeniero después de haber formulado las leyes de la perspectiva cónica, un sistema de representación gráfico donde un cuerpo tridimensional se proyecta sobre un plano desde el punto en el que se encuentra el observador, proporcionando así una visión realista del objeto. Leonardo da Vinci, guiado por su amplitud de intereses, desarrolló su trabajo en varios campos del conocimiento, como el arte, la arquitectura, la filosofía, la astronomía, la ingeniería y las

[8] Hindle, B. (1986). From Art to Technology and Science. *Proceedings of American Antiquarian Society*, Vol. 96, Issue 1, pp.25-37, April 1986. Pág. 26-27. "The Arts, then, included both the fine and the mechanic arts, and those who worked within one art lived also within the larger environment, which permitted some to move from one art to another."

ciencias naturales. El trabajo de Donato Bramante destacó en los campos de la arquitectura y de la pintura.

La Edad Moderna es la época de la revolución científica gracias a los descubrimientos de Isaac Newton (la ley de la gravitación, las bases de la mecánica clásica, la naturaleza de la luz y la óptica, etc.), Robert Hooke (la ley de la elasticidad, la publicación de las primeras imágenes microscópicas en la *Micrographía*, la invención de la palabra "célula", etc.), Edmond Halley (el cálculo de la órbita del cometa Halley), Robert Boyle (la ley de Boyle-Mariotte de los gases), etc. En el siglo XVII se construyó el primer microscopio en Holanda gracias al trabajo del científico Anton van Leeuwenhoek. En la misma época apareció el primer telescopio. No queda clara la autoría del inventor principal, pero el mérito de su creación se atribuye conjuntamente al inventor holandés Hans Lippershey y al científico italiano Galileo Galilei. El desarrollo del microscopio y del telescopio permitieron visualizar lo que antes era invisible, un avance que influyó tanto en el arte como en la ciencia.

El desarrollo del arte que representa el conocimiento científico se puede seguir a través de los dibujos o pinturas que representaban con un gran nivel de detalle la anatomía del cuerpo humano, las plantas o los insectos, contribuyendo a la compresión y al conocimiento de los sujetos tratados (figura 6). El caso de las ilustraciones anatómicas está presente en el libro *Sobre la estructura del cuerpo humano* (1543) del anatomista flamenco Andrés Vesalio. Las ilustraciones que representan varios aspectos del cuerpo humano se atribuyen al pintor italiano de origen alemán Jan van Calcar, alumno de Tiziano. Están realizadas con la técnica de la xilografía, impresión en blanco y negro realizada con plancha de madera. Contienen un alto nivel de detalle, mostrando el cuerpo humano en posturas alegóricas.

Las esculturas anatómicas de cera del siglo XVIII del artista italiano Clemente Susini están realizadas de manera realista y precisa. Sus modelos se utilizaron para la enseñanza de la anatomía y tienen su origen en las disecciones realizadas durante una estrecha colaboración del artista con médicos.

Los campos de la botánica y la entomología fueron tratados en el trabajo de la ilustradora científica alemana del siglo XVII Maria Sibylla Merian. Fue una de las primeras personas que observó a los insectos en su hábitat natural y contribuyó en gran medida a su historia natural. En el año 1679 publicó el libro ilustrado *Der Raupen wunderbare Verwandlung (La oruga y su maravillosa transformación)* dedicado a la metamorfosis de las mariposas, y en el año 1705 el libro *Metamorphosis Insectorum Surinamensium*, donde presentó la metamorfosis de varios insectos después de su expedición a Surinam. Sus ilustraciones realizadas en color se caracterizaban por la precisión y el realismo de sus representaciones.



Figura 6. De izquierda a derecha: ilustración del esqueleto humano atribuida a Jan van Calcar. En *Sobre la estructura del cuerpo humano*, Andrés Vesalio (1543); Clemente Susini, *Órgano del tacto*. Colección de ceras anatómicas de la Universidad de Cagliari (1803-1805); Maria Sibylla Merian, lámina 23 del libro *Metamorphosis Insectorum Surinamensium*. Lápiz, tinta y acuarela sobre vitela (1704). Fuente: https://news.artnet.com, www.pinterest.es y www.pinterest.es

1.1.5. Edad Contemporánea. Interpretación y descontextualización del conocimiento científico

El período abarcado por la segunda mitad del siglo XVIII y la primera mitad del XIX se caracteriza por la Revolución Industrial, que cambió de forma radical la vida del ser humano. Hubo un cambio del proceso de producción manual a la fabricación de máquinas; se desarrollaron la industria textil y la producción de hierro; con la invención de la máquina de vapor se revolucionó el transporte, etc. La industrialización impactó en la creación artística de una forma directa. La aparición de pinturas en formato de tubo facilitó a los artistas trabajar fuera de sus estudios. El desarrollo de la fotografía abrió la puerta hacia un nuevo género artístico.

Hindle (1986) describe los siglos XVIII y XIX como una continuación del patrón surgido en la época renacentista, donde las bellas artes coexistían con las artes mecánicas (realizadas mediante procedimientos manuales) dentro del campo artístico estadounidense. En un entorno así, el autor observa la oportunidad para los pintores, escultores u orfebres de aprender y profesionalizarse en otras áreas de trabajo, incluso convertirse en inventores o aportar conocimientos significativos a la ciencia.[9] Éste ha sido el caso del retratista e inventor Charles Willson Peale, que realizó aportaciones a los campos de la historia natural, la tecnología, el arte y la ciencia. Samuel Morse, conocido por la invención y desarrollo del telégrafo electromagnético, aparte de ser inventor, se dedicó, además, a la pintura. Rufus Porter, también pintor, inventó varias herramientas mecánicas patentadas.

[9] Hindle, B. (1986). From Art to Technology and Science. *Proceedings of American Antiquarian Society*, Vol. 96, Issue 1, pp.25-37, April 1986. Pág. 27. "American painters, sculptors, and silversmiths inherited the same facility for becoming artisans in other crafts, inventors, and even contributors to science."

El siglo XX está determinado por los grandes avances científicos y tecnológicos. La investigación científica alcanzó grandes dimensiones y afectó a todos los sectores de la vida humana. Es la época de los descubrimientos cruciales: el físico alemán Albert Einstein formuló la teoría de la relatividad; el científico escocés Alexander Fleming descubrió la penicilina y sus capacidades antibióticas; el científico español Santiago Ramón y Cajal fundó la neurobiología moderna y describió la estructura del sistema nervioso; el biólogo molecular británico Francis Crick y el genetista, biólogo molecular y zoólogo estadounidense James Watson identificaron la estructura molecular del ADN con doble hélice; el científico español Severo Ochoa y el científico estadounidense Arthur Kornberg descubrieron los mecanismos de la síntesis biológica del ARN y del ADN, etc. Aparte de cambiar la vida diaria de los individuos, algunos de estos descubrimientos científicos se han visto reflejados en la esfera cultural. Estas novedades, y la explicación de lo hasta entonces desconocido, impactaron en el trabajo de los artistas, facilitándoles una nueva fuente de inspiración.

Con los descubrimientos científicos, el arte experimentó una transformación durante el siglo XX. La expansión del conocimiento y de las temáticas exigió al arte cambiar su papel de mera visualización del conocimiento y empezar a abordar la realidad presente de una manera nueva, basada en la interpretación y/o la descontextualización.

La **interpretación** supone el uso de los temas, los descubrimientos y los conocimientos científicos para su aplicación de forma personal y subjetiva en la creación artística. La interpretación está presente en el trabajo del artista español, Pablo Picasso. En el libro *Einstein, Picasso: Space, Time, and the Beauty That Causes Havoc* (2001), el profesor emérito de Historia y Filosofía de la Ciencia de la *University College* de Londres (Reino Unido) Arthur I. Miller propone un paralelismo entre el desarrollo de la teoría de la relatividad de principios del siglo XX y el movimiento artístico del cubismo. El autor compara el trabajo del físico alemán Albert Einstein y la teoría de la relatividad formulada en 1905 con el trabajo del artista español Pablo Picasso y la obra *Les Demoiselles d'Avignon* de Picasso, realizada en 1907 (figura 7). Observa la atracción de los dos por la idea de la cuarta dimensión, introducida por el científico francés Henri Poincaré. Miller describe el trabajo de Einstein y Picasso como innovador y tradicional a la vez. Los dos realizaron transformaciones grandes en sus propias áreas de trabajo, pero estas transformaciones están basadas en conocimientos previos, formulados por maestros y profesionales anteriores.[10]

[10] Miller, A. (2001). *Einstein, Picasso: Space, Time, and the Beauty That Causes Havoc*. New York, USA: Basic Books, 2001. Pág. 5. "Both men emphasized that despite their apparently revolutionary advances, they were actually extending the work of the past masters. *Les Demoiselles* contains vestiges of Cézanne, El Greco, Gauguin and Ingres, among others, with the addition of conceptual aspects of primitive art properly presented with geometry. Likewise in Einstein´s relativity theory we note legacies of Lorentz, Ernst Mach, David Hume, Immanuel Kants and Pointcaré."



Figura 7. Pablo Picasso, *Les Demoiselles d'Avignon*, óleo sobre lienzo, 243,9 x 233,7 cm (1907).
Fuente: https://maverickmist.com

La interpretación de los descubrimientos científicos se puede encontrar en el trabajo del pintor ruso Wassily Kandinsky. El historiador del arte y profesor de la Universidad Hebrea de Jerusalén (Israel) Moshe Barasch observa que el trabajo de Kandinsky es un caso de influencia indirecta de la ciencia sobre el arte en el libro *Theories of art 3. From Impressionism to Kandinsky* (2001). En este caso, los artistas interpretan los temas de la ciencia basándose en la intuición y en las emociones personales y sin recurrir a la precisión científica. El autor describe una acuarela realizada por Kandinsky en 1910 ó 1913, como la primera pintura no figurativa pintada por el artista (figura 8).



Figura 8. Wassily Kandinsky, *Sin título*, acuarela, 49,6 × 64,8 cm (1910 o 1913).
Fuente: www.wassilykandinsky.net

La obra se considera un boceto para la obra *Composition VII*, pintada en 1913, y la primera de la serie de composiciones e improvisaciones abstractas de Kandinsky que rompen con las formas conocidas y con las convenciones de la representación material. Barasch propone que el descubrimiento de la posibilidad de división de los átomos impactó en la cultura de

principios del siglo XX y fue una de las fuentes de inspiración para el desarrollo de la teoría del arte abstracto de Kandinsky, ya que se puede relacionar con la idea de la desintegración del mundo físico, sólido y conocido.[11]

El impacto de la ciencia en el trabajo de Kandinsky fue más fuerte durante su estancia en París (Francia), entre 1934 y 1944. En esta época aparecieron en su obra nuevos motivos de diferentes formas biológicas. Aunque no hay pruebas directas de que la biología (especialmente zoología y embriología) hayan sido su fuente de inspiración, sus ideas sobre el arte abstracto se basan en formas de la naturaleza y muchas de sus pinturas incluyen formas parecidas a embriones, amebas o invertebrados del mundo marino, así como a formas del mundo botánico. Uno de los escritos sobre la importancia de las formas naturales en el trabajo artístico de Kandinsky lo encontramos en *Point and Line to Plane* (1926). El libro está dedicado a describir las relaciones entre el ser humano, la naturaleza y el arte. El artista conecta las formas existentes en el mundo natural con formas del arte abstracto. El desarrollo de la obra abstracta es muy parecido al desarrollo de los organismos vivos – desde lo simple hacía lo complejo.[12]

La presencia de los elementos biológicos en la obra de Kandinsky se trata en el texto *Kandinsky and Science: the Introduction of Biological Images in the Paris Period* (1985) de la comisaria de arte estadounidense Vivian Endicott Barnett. La autora escribe sobre la biblioteca del artista, conservada por el Archivo Kandinsky en el Museo Nacional de Arte Moderno Centro Georges Pompidou de París (Francia), que incluye varios libros, revistas y enciclopedias, así como recortes de fotografías y artículos relacionados con temas científicos de la época. Barnett observa la semejanza de las formas embriológicas y larvales con las formas presentes en las obras *Blue World* (1934) y *Variegated Black* (1935). La obra *Blue World* presenta una composición creada con formas rectangulares de colores rosa, morado y verde de tonalidades pastel. Las figuras abstractas, divididas en secciones de varios colores y distribuidas encima de la composición, tienen formas irregulares, parecidas a las de los organismos microscópicos (figura 9).

La obra *Variegated Black* contiene una forma grande, irregular, de color negro sólido. Encima se encuentran formas de diferentes colores. Algunas son geométricas (círculos,

[11] Barasch, M. (2000). *Theories of art 3. From Impressionism to Kandinsky*. New York, USA: Routledge edition. Pág. 296. "Whatever this concept may mean in scientific terms, in the imagination and general culture of the first years of the twentieth century it acquired an almost apocalyptical aura. To wide audiences, naturally also including many artists, this "dissolution" was understood as the disintegration of the solid material world… In the mental constitution and intellectual world of many nonscientists, disintegration called for a turn toward the spiritual."

[12] Kandinsky, W. (1926). *Point and Line to Plane*. New York, USA: Solomon R. Guggenheim Foundation, Museum of Non-Objective Painting, 1947. Pág 107. "Abstract art, which has gained its freedom, is also subject here to the "laws of nature" and is forced to proceed as nature did formerly.; from a modest beginning with protoplasm and cells, it very gradually advanced to more complex organisms."

triángulos o rectángulos), mientras que otras son irregulares y tienen aspecto embrionario (figura 10).

La referencia biológica más obvia, la autora la ve en la obra *Environment* (1936). Consiste en una forma irregular, delineada con una línea gruesa de color marrón oscuro sobre un fondo blanco. Su interior es de color claro y contiene varias formas ovales e irregulares de colores diferentes. La forma principal representada en la obra tiene el aspecto de una ameba ampliada. Su contorno oscuro, bien definido, se parece a una pared celular, mientras que el interior claro es similar a un citoplasma. Los elementos coloreados corresponden a vacuolas, orgánulos celulares y núcleos (figura 11).[13]



Figura 9. Wassily Kandinsky,
Blue World,
óleo con arena sobre lienzo (1934).
Fuente: www.1000museums.com



Figura 10. Wassily Kandinsky,
Variegated Black,
óleo sobre lienzo (1935).
Fuente: www.wassilykandinsky.net



Figura 11. Wassily Kandinsky,
Environment,
óleo sobre lienzo (1936).
Fuente: www.ebay.fr

La pintura *Division-Unity*, realizada por Kandinsky en 1934, contiene un sistema de líneas diagonales superpuestas de tonos oscuros que forman una red sobre un fondo claro. Los rombos resultantes contienen figuras de diferente aspecto, colores cálidos y una semejanza clara con organismos vivos (figura 12). El origen de la obra, según Endicott Barnett, se encuentra en la fotografía ampliada del plancton publicada en el artículo *La vida bajo presión: la vida del mar profundo revelada* (1931), escrito por el científico G. von Borkow. El artículo apareció en la revista alemana *Die Koralle*.[14]

[13] Endicott Barnett, V. (1985). Kandinsky and Science: the Introduction of Biological Images in the Paris Period. En: Fuerstein, C. (Ed.) *Kandinsky in Paris: 1934–1944*. pp.61-87. New York, USA: The Solomon R. Guggenheim Foundation. Pág. 76. "The cell wall is clearly defined; many small multicolored circles represent the cytoplasm and several colored zones correspond to vacuoles and a nucleus. Moreover, Kandinsky´s painting closely resembles an illustration in his encyclopedia."

[14] Endicott Barnett, V. (1985). Kandinsky and Science: the Introduction of Biological Images in the Paris Period. En: Fuerstein, C. (Ed.) *Kandinsky in Paris: 1934–1944*. pp.61-87. New York, USA: The Solomon R. Guggenheim Foundation. Pág.69. "Plankton, brine shrimp, snails and larval stages of marine life become small, curving motifs that are evocatively and amusingly rendered in Kandinsky´s work."



Figura 12. Wassily Kandinsky, *Division-Unity*, óleo sobre lienzo (1934). Fuente: https://www.walmart.com

El artista suizo Paul Klee interpretaba el conocimiento científico en su obra. Basó parte de su trabajo en el tema de las formas y los patrones presentes en la naturaleza.[15] La fascinación de Klee por el mundo botánico se manifestó a través de sus colecciones de plantas y la creación de sus herbarios. Esto le facilitó investigar la estructura y la morfología de las plantas, su forma exterior, su estructura interior, así como el proceso de su crecimiento y desarrollo.

En el segundo volumen de sus cuadernos, *Paul Klee notebooks, volume 2: The Nature of Nature* (1973), Klee compara la forma de la creación artística con la génesis y el crecimiento de la naturaleza. En su búsqueda creativa, Klee intentó encontrar un elemento básico, primordial, que estuviese en la base de todas las formas complejas.[16] Su investigación sobre la forma está vinculada a la idea del orden presente en su obra. Este orden se esconde en las relaciones entre las formas y los elementos presentes en sus lienzos que se encuentran en equilibrio formando un todo.

En el catálogo de la exposición *La Invención de la Naturaleza – Max Ernst, Paul Klee, Wols y el Universo Surreal*, celebrada en el museo Sprengel en Hannover (Alemania) en 1994, la comisaria Karin Orchard escribe sobre la pintura *Flower Myth* (1918), que, según la autora, refleja el pensamiento de Klee. La obra está realizada sobre lienzo en formato vertical, y representa un paisaje. La forma predominante, oval, es de color rojo. Sobre ella se encuentran diferentes figuras de la naturaleza en color azul, negro o blanco. El elemento situado en el centro de la obra tiene la forma de una solitaria flor azul en crecimiento. Un

[15] Graves, D., Klee, P., & San Francisco Museum of Modern Art (1987). *Pattern & process: Nature and architecture in the work of Paul Klee : [exhibition] San Francisco Museum of Modern Art, 15 January-29 November 1987*. San Francisco, USA: The Museum of Modern Art. Pág. 7. "The artist was fascinated with natural forms and forces invisible to the naked eye and with the inner logic of man-made constructions."

[16] Klee, P. & Spiller, J. (1973). *Paul Klee notebooks, volume 2: The Nature of Nature*. London: Lund Humphries. Pág. 269. "What is good is form-giving. What is bad is form. Form is the end, death. Form-giving is movement, action. Form-giving is life."

pájaro está volando en descenso hacia ella. En la parte superior se observan los símbolos celestes del sol, la luna y las estrellas. Alrededor de la flor se ven formas de plantas que crecen en varias direcciones, tanto desde la parte inferior, como desde la superior, haciendo que la pintura se pueda observar desde distintos lados, desde arriba hacia abajo y viceversa (figura 13).



Figura 13. Paul Klee, *Flower Myth*, técnica mixta sobre lienzo (1918). Fuente: www.paulklee.net

La **descontextualización** como una estrategia estética supone usar los procesos o las herramientas de la ciencia en el contexto de la creación de una obra o un proyecto artístico. El artista brasileño Eduardo Kac utiliza la descontextualización del proceso científico en el proyecto *Natural History of Enigma* (2003-2008). Creó una flor petunia genéticamente modificada mezclando su propia ADN con el ADN de la planta. El resultado fue una planta transgénica denominada Edunia con las flores de color rosa claro y unas venas rojas visibles en la superficie de los pétalos (figura 14).

El caso de la descontextualización de las herramientas científicas está presente en la obra de la artista estadounidense Suzanne Anker. En el proyecto *Vanitas in a Petri Dish* (2013) la artista utiliza la placa de Petri con fines estéticos, como un elemento de exposición de su obra. El proyecto reúne una serie de fotografías que muestran las placas de Petri

individuales que contienen distintos objetos: hojas, joyas, ramas, insectos, etc. Cada placa está fotografiada sobre un fondo negro que hace que la forma de los objetos y la forma de la placa destaquen (figura 15).



Figura 14. Eduardo Kac, *Edunia*, *Natural History of Enigma*, flor genéticamente modificada con ADN del artista (2003-2008). Fuente: www.saic.edu



Figura 15. Suzanne Anker, *Vanitas in a Petri Dish 26*, impresión de inyección de tinta, 50 x 50 cm (2013). Fuente: http://suzanneanker.com

1.2. Estructuras identitarias de conocimientos diferenciados. Construcción de modelos de pensamiento estereotipados

Aunque el arte y la ciencia han desarrollado sus actividades de forma paralela e interactiva durante mucho tiempo, hubo un momento en que empezaron a observarse como dos dimensiones distintas de la vida. El resultado de esto fue la creación de una situación en la que el interés cognitivo se puso en detectar las diferencias entre el arte y la ciencia. En estas circunstancias se hicieron visibles sus características opuestas y se hizo difícil cualquier tipo de interacción entre ellos. La brecha diferencial construida entre las dos áreas de conocimiento cambió la forma de pensar y de comprender las características, las prácticas y las aplicaciones de cada una de ellas.

Con la grieta abierta, el ámbito artístico y el ámbito científico conformaron la idea de la existencia de dos culturas que describían dos áreas de conocimiento diferentes, sin la posibilidad de interacción dentro de ellas. El creador del término "las dos culturas" fue el químico y novelista inglés Charles Percy Snow. Introdujo el término por primera vez en el libro *The Two Cultures and the Scientific Revolution* (1961). Snow se encontraba en una situación singular, ya que profesionalmente trabajaba tanto en el campo del arte, como en el de la ciencia: aparte de ser físico, también fue novelista. Gracias a esto, tuvo la oportunidad de comprender la problemática de esta fragmentación entre los dos campos del conocimiento y el desarrollo de la incomprensión mutua. Por un lado, Snow escribió que los humanistas tenían una imagen creada de los científicos como personas superficialmente optimistas que no sabían suficiente sobre la condición de la humanidad. Por otro lado, señaló que los científicos creían que en el mundo no científico había una gran falta de previsión y preocupación por el ser humano. Una relación así construida entre los dos ámbitos de conocimiento tuvo un carácter destructivo.[17]

El enfrentamiento entre la cultura artística y la cultura científica se debió a la falta de compresión entre los dos ámbitos de conocimiento y a la falta de posibilidad de colaboración entre ambos grupos de profesionales. Sus desacuerdos impactaron de tal forma en el modo de observar el arte y la ciencia, que provocaron que su interés principal se centrase en establecer las diferencias entre las dos culturas, imposibilitando así la oportunidad de conectarlas. Las posiciones diferenciadas del arte y de la ciencia se

[17] Snow, C.P. (1959). *The Two Cultures and the Scientific Revolution*. New York, USA: The Rede Lecture. Cambridge University Press, 1961. Pág. 6. "On each side there is some of it which is not entirely baseless. It is all destructive. Much of it rests on misinterpretations which are dangerous."

observaron según la terminología que los describía y la manera de observar el mundo físico por un lado, y según su situación dentro del sistema educativo por el otro.

1.2.1. Representaciones de la mismidad y de la alteridad. Procesos de identificación social

La forma en la que el arte y la ciencia fueron identificados y descritos determina sus posiciones dentro de la sociedad. A continuación se analizará la terminología atribuida al arte y a la ciencia, recopilada en distintos libros, artículos y diccionarios.

Arte. En el artículo *Science and Art: Separated by a Common Language?* (2000) el investigador y jefe de conservación del *Victoria and Albert Museum* de Londres (Reino Unido), Jonathan Ashley-Smith, observa cómo se utilizan los términos "arte" y "ciencia" en los diccionarios y en la literatura.[18] Al arte se le atribuyen las nociones de libertad e intuición. Según el Diccionario Oxford, la palabra "arte" representa la expresión y/o la aplicación de la habilidad creativa y de la imaginación humana, normalmente en forma de una obra visual, como pintura o escultura, que se aprecia gracias a su belleza o poder emocional.[19] En este caso, el arte se observa en el sentido de las bellas artes. El arte, en su término más amplio, incluye también otras formas artísticas, tales como la danza, la música, la literatura, etc., que representan campos de estudio relacionados con la creatividad y el aspecto social de la vida humana, y se encuentra en contraste con campos de estudio técnicos o científicos.[20] El diccionario de la Real Academia Española, aparte de describir el arte como una capacidad o habilidad, lo define como una "manifestación de la actividad humana mediante la cual se interpreta lo real o se plasma lo imaginado con recursos plásticos, lingüísticos o sonoros", o como un "conjunto de preceptos y reglas necesarios para hacer algo."[21] Esta definición se refiere a todos los formatos de la expresión artística e incluye una descripción completa de cada uno de ellos. Por un lado, destaca su posibilidad de interpretar lo real, así como su capacidad para desarrollar la imaginación. Por otro lado,

---

18 Ashley-Smith, J. (2000). *Science and Art: Separated by a Common Language?* Conservation Journal, Autumn, 2000, Issue 36. Victoria and Albert Museum, London. Recuperado de: http://www.vam.ac.uk/content/journals/conservation-journal/issue-36/science-and-art-separated-by-a-common-language/. (Consultado el 05.02.2019). "Unfortunately the words art, craft, science, philosophy and technology have been used carelessly and almost interchangeably for centuries… Clearly, in many contexts the two words together cover all you need to know about any subject... But there is no single word that denotes art and science as one entity. In these books science is seen as dealing with organisation and rules, things that are well defined and predictable. Whereas an art involves freedom to act more intuitively."

19 Art (sin fecha). En: *Oxford Living Dictionaries*. Recuperado de: https://en.oxforddictionaries.com/definition/art. (Consultado el 27.06.2018). "The expression or application of human creative skill and imagination, typically in a visual form such as painting or sculpture, producing works to be appreciated primarily for their beauty or emotional power."

20 Art (sin fecha). En: *Oxford Living Dictionaries*. Recuperado de: https://en.oxforddictionaries.com/definition/art. (Consultado el 27.06.2018). "Subjects of study primarily concerned with human creativity and social life, such as languages, literature, and history (as contrasted with scientific or technical subjects)."

21 Arte (sin fecha). En: *Diccionario de la lengua española. Real Academia Española*. Recuperado de: http://dle.rae.es/srv/fetch?id=3q9w3lk. (Consultado el 27.06.2018).

describe el proceso artístico como un sistema de reglas que determina el camino de una producción artística.

Ciencia. Ashley-Smith (2000) muestra que la ciencia se describe como una entidad relacionada con la organización y la creación y/o la aplicación de reglas. En la introducción al libro *The Two Cultures*, el crítico literario inglés Stefan Collini escribe sobre el origen de los términos "ciencia", en la Inglaterra del siglo XIX, utilizado para describir el área de las ciencias físicas y naturales, y "científico", utilizado para describir a sus practicantes. La ciencia, definida de esta forma, se separa de los conocimientos del arte y de las humanidades. Utilizan para su desarrollo a instituciones de investigación y a instituciones del mundo académico.[22] La ciencia se comprende como aquella actividad del ser humano relacionada con la investigación del mundo físico desde diferentes aspectos. Está basada en un conjunto de reglas y en una metodología específica determinada por el tipo de investigación que se va a desarrollar. El Diccionario Oxford define la ciencia como la actividad intelectual y práctica dirigida al estudio sistemático de la estructura y comportamiento del mundo físico y natural a través de la observación y el experimento, o como un cuerpo de conocimiento sobre un tema en particular, organizado sistemáticamente.[23] Según la Real Academia Española, la ciencia representa un "conjunto de conocimientos obtenidos mediante la observación y el razonamiento, sistemáticamente estructurados y de los que se deducen principios y leyes generales con capacidad predictiva y comprobables experimentalmente."[24] Se le atribuye la "habilidad, maestría, conjunto de conocimientos de cualquier cosa"[25], aunque se relaciona más frecuente con el conocimiento relativo a las ciencias "exactas, físicas, químicas y naturales."[26]

En base a las definiciones previamente elegidas, se puede seleccionar un conjunto de términos que se atribuyen a las "dos culturas" y que crean un modelo de comprensión estereotipado (figura 16). En el caso del arte, los términos relacionados son la estética, la belleza, la creación, la imaginación, la emoción y la expresión o la interpretación. Al arte se le atribuyen las características de lo visual y lo emocional. En lo que se refiere a la ciencia, ésta se describe como una entidad sistemática que se dedica a la investigación, la

[22] Collini, S. (1993). Introduction. En: Snow, C.P. *The Two Cultures* (1959), pp. VII-LXXIV. New York, USA: Cambridge University Press. Pág. XI. "One can trace a specifically British genealogy for the "two cultures" anxiety, arising out of a distinctive development of the social institutions within which education and research were carried on."

[23] Science (sin fecha). En: *Oxford Living Dictionaries*. Recuperado de: https://en.oxforddictionaries.com/definition/science. (Consultado el 27.06.2018). "The intellectual and practical activity encompassing the systematic study of the structure and behaviour of the physical and natural world through observation and experiment… A systematically organized body of knowledge on a particular subject."

[24] Ciencia (sin fecha). En: *Diccionario de la lengua española. Real Academia Española*. Recuperado de: https://dle.rae.es/?id=9AwuYaT. (Consultado el 27.06.2018).

[25] Ibidem.

[26] Ibidem.

observación, la experimentación, y al uso de metodologías específicas. La definen el razonamiento, la capacidad predictiva y la adquisición de conocimiento. Sin embargo, existen algunos términos compartidos que se utilizan en ambas definiciones. Las dos áreas de trabajo se definen como actividades humanas, y ambas se describen como una capacidad, una habilidad, una maestría o una práctica poseedora de unos principios, leyes y reglas.



Figura 16. Descripción de la terminología aplicada a los conceptos arte-ciencia recopilada en el Diccionario Oxford y en el Diccionario de la Real Academia Española. El círculo azul de la izquierda representa los términos descriptivos del arte. El círculo amarillo de la derecha muestra los términos vinculados a la ciencia. La intersección de los dos círculos contiene los términos compartidos que describen los dos ámbitos. Fuente: Producción propia.

A continuación, se analizarán las características del arte y de la ciencia en base a escritos y experiencias de artistas, científicos y académicos, con el fin de entender en qué medida ambos ámbitos comparten sus cualidades y cómo se manifiestan sus diferencias. El análisis se centra en los términos de la imaginación, la curiosidad, la intuición, la estética y el pensamiento.

1. Imaginación

Aunque el término "imaginación" se vincula más a menudo al ámbito artístico, también forma parte importante para inherente del ámbito científico. Este término es de origen latino, *imaginatio* (representación, idea, imagen) y se refiere a la "facilidad para formar nuevas ideas, nuevos proyectos"[27] o la habilidad para crear imágenes o ideas nuevas que

[27] Imaginación (sin fecha). En *Diccionario de la lengua española. Real Academia Española*. Recuperado de: https://dle.rae.es/imaginaci%C3%B3n.

aún no existen.[28] Según el *Collins English Dictionary*, los sinónimos que le corresponden son creatividad, visión, invención e ingenio. La imaginación permite ir más allá de lo conocido y facilita la innovación.

En el artículo *The Art and Science of a Long-Term Collaboration* (2006), la artista e investigadora del Centro de Arte, Investigación y Tecnología de la *University of Westminster* (Reino Unido), Alexa Wright, y el físico y profesor de la *University College* de Londres (Reino Unido), Alf Linney, describen a la imaginación como uno de los elementos que unen el arte y la ciencia. Gracias a su capacidad de crear y descubrir lo nuevo, la imaginación representa un elemento necesario para la búsqueda del conocimiento y la generación de respuestas adaptativas a las necesidades de las actividades científicas y artísticas.[29]

En el artículo *Visual Thinking: The Art of Imagining Reality* (1985), el profesor de Psicología de la *Michigan State University* (EE.UU), Robert S. Root-Bernstein, observa que la imaginación no verbal juega un papel muy importante en la ciencia, ya que permite superar lo meramente conceptual y explicar los resultados de la investigación a través de imágenes. Describe la imaginación en el proceso científico como un factor que precede al experimento y a la conclusión lógica. Una vez imaginadas, las ideas y los conceptos son sometidos a la prueba de la lógica y a la experimentación, para decidir sobre su veracidad o su falsedad. Se puede considerar que tanto el uso del razonamiento lógico en la ciencia como el proceso de demostración y refutación, son limitados y no tienen la capacidad de generar nuevas ideas y conceptos para una investigación ya en marcha. La imaginación, por su parte, se asocia comúnmente a tareas consideradas no-científicas, tales como el juego, la abstracción o el modelado de patrones, entre otras. Sin embargo todos estos elementos están presentes tanto en el arte como en la ciencia, y son necesarios para el desarrollo de los dos ámbitos.[30]

2. Curiosidad

El término "curiosidad" viene del latín, *curiositas*, y se manifiesta como el deseo de saber y conocer. Su valor se encuentra en el hecho de que tiene la función de motivar a los

[28] Imagination (sin fecha). En: *Collins English Dictionary*. Recuperado de: https://www.collinsdictionary.com/dictionary/english/imagination. (Consultado el 05.02.2020). "Your imagination is the ability that you have to form pictures or ideas in your mind of things that are new and exciting, or things that you have not experienced."

[29] Wright A. y Linney A. (2006). The Art and Science of a Long-Term Collaboration. En: Rye, D.C. and Scheding, S.J. (Eds.) *Proceedings. New Constellations: Art, Science and Society*. pp. 54-60. Sydney, Australia: Museum of Contemporary Art. Pág. 60. "However, at the highest level both disciplines necessitate acts of imagination in order to make new discoveries, whether these discoveries are philosophical or utilitarian."

[30] Root-Bernstein, R. (1985). Visual Thinking: The Art of Imagining Reality. *Transactions of the American Philosophical Society, 75*(6), pp. 50-67. doi:10.2307/20486640. Pág. 61. "Furthermore, I suggest that this ability to imagine new realities is correlated with what are traditionally thought to be nonscientific skills-skills such as playing, modeling, abstracting, idealizing, harmonizing, analogizing, pattern forming, approximating, extrapolating, and imagining the as yet unseen-in short, skills usually associated with the arts, music, and literature."

profesionales a realizar sus trabajos. La necesidad de saber está estrechamente relacionada con el conocimiento. El arte y la ciencia generan nuevos conocimientos sobre el individuo y la sociedad en un tiempo y sitio específicos. El conocimiento se entiende como la capacidad humana de comprender el mundo material y no material a través del uso de la razón. El Diccionario Oxford lo define como el conjunto de todos los hechos, la información o las habilidades que la persona adquiere a través de su experiencia personal o su formación.

Willem Elias (2008) observa que tanto en el arte como en la ciencia el hombre tiene un comportamiento inquisitivo sobre el mundo que le rodea y todo lo que está sucediendo en él. La curiosidad le permite investigar, conseguir información y adquirir el conocimiento necesario para poder interpretar y reflexionar sobre lo aprendido.[31]

3. Intuición

La palabra "intuición" proviene del verbo latín *intueor,* que significa "observar" o considerar". Se refiere a la "facultad de comprender las cosas instantáneamente, sin necesidad de razonamiento."[32] Mientras que lo racional, definido como la capacidad de pensar y actuar de acuerdo a principios basados en la razón y destinados a satisfacer un objetivo[33] suele atribuirse a la ciencia, lo intuitivo se atribuye al arte. Sin embargo, la intuición pertenece a los dos ámbitos, artístico y científico.

El físico húngaro Michael J. Moravcsik señala la importancia que tiene la intuición en el proceso científico. En el artículo *Scientists and Artists: Motivations, Aspirations, Approachesand Accomplishments* (1974) determina que es fundamental investigar y desarrollar el campo de la creación científica que se basa en la intuición. Del mismo modo que la imaginación, la intuición a menudo produce innovación e invención.[34]

4. Estética

El pensamiento visual es el concepto de lo estético. La palabra "estético" tiene su raíz en la palabra griega, *aisthētikós*, que significa "lo que se percibe por los sentidos"[35]. La estética

[31] Elias, W. (2008). Reflection on art and science: creative fusion. En: Elias, W., Friederichs, T., Krpan J., Peljhan M., Puncer M. *Art&Science. Creative Fusion*. pp. 7-8. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, 2008. Pág. 7. "Both presuppose a certain amount of curiosity about what's going on in the world and enough creativity and ingenuity to report this in an interesting way. "

[32] Intuición (sin fecha). En: *Diccionario de la lengua española. Real Academia Española*. Recuperado de: https://dle.rae.es/intuici%C3%B3n?m=form. (Consultado el 24.01.2020)

[33] Rational (sin fecha). En: *Collins English Dictionary*. Recuperado de: https://www.collinsdictionary.com/us/dictionary/english/rational. (Consultado el 24.01.2020). "Rational decisions and thoughts are based on reason rather than on emotion."

[34] Moravcsik, M. (1974). Scientists and Artists: Motivations, Aspirations, Approaches and Accomplishments. *Leonardo, 7*(3), pp. 255-259. doi:10.2307/1572903. Pág. 257-258. "Scientists know that their best scientific ideas arise in quite 'mysterious' ways, not unlike melodies are born in the head of a composer or verses in the mind of a poet."

[35] Estético (sin fecha). En: *Diccionario de la lengua española. Real Academia Española*. Recuperado de:

describe la forma en la que el ser humano percibe la belleza del mundo físico y, como tal, varía de una persona a otra. Aunque la tendencia general lo clasifica como un término estrechamente relacionado con el mundo artístico, la estética representa un factor de igual importancia para el de la ciencia.

En el artículo *From Art and Science to Perception: The Role of Aesthetics* (1994), el físico e investigador Gideon Engler, propone que la percepción de las estructuras como un todo integrado está presente en las dos áreas de conocimiento, haciendo mención, en particular, a la percepción de las estructuras estéticamente atractivas. La apreciación de lo estético tiene su origen en las actividades creativas y perceptivas del ser humano, actividades presentes en todos los individuos y relacionadas con la necesidad de la mente de organizar la realidad y crear patrones.[36]

5. Pensamiento

Observando el arte y la ciencia desde el punto de vista de su funcionamiento interno, se pueden definir como dos sistemas de pensamiento complementarios. El término "pensar" tiene el origen en el término latino, *pensare*, que significa "estimar" o "comparar". Según el artículo *Tipos de pensamiento según la psicología* (2018), de la psicóloga mexicana Marissa Glover, el pensamiento se entiende como "un proceso mental psicológico a través del cual las personas podemos crear, regular y desarrollar ideas acerca de nosotras mismas, del entorno que nos rodea o de los demás."[37] Los tipos de pensamiento tratados en este proyecto, relacionados con el arte y la ciencia, incluyen el pensamiento sistémico, el pensamiento sintético, el pensamiento analítico y el pensamiento visual.

El **pensamiento sistémico** supone la compresión de la estructura de un sistema y de la interacción de sus elementos. Según el profesor de Estudios Interdisciplinares de la *Miami University* (EE.UU), William H. Newell, el pensamiento sistémico es algo característico de las ciencias y se representa como un punto distintivo de las artes. En el artículo *Teoría de Estudios Interdisciplinares* (2001) propone que las ciencias naturales y las sociales tienen la necesidad de trabajar sobre sistemas organizados bajo ciertas reglas y están compuestas por varios elementos que interactúan entre sí, mientras que las artes y las humanidades se

http://dle.rae.es/srv/fetch?id=GrPCrf2. (Consultado el 12.09.2018).

36 Engler, G. (1994). From Art and Science to Perception: The Role of Aesthetics. *Leonardo, 27*(3), pp. 207-209. doi:10.2307/1576053. Pág. 208. "Perception of structures of aesthetic appeal is thus the key for revealing the similarity of the aesthetic dimensions of art and science. … This conclusion purports the view, stated at the outset of this paper, that aesthetic appeal and appreciation in art and science possess a certain generic origin expressed by a corresponding affinity with regard to perceptive and creative activities of the human mind. In both cases the mind strives towards certain organizations of patterns that evoke predominantly aesthetic appreciation."

37 Glover, M. (el 27 de noviembre, 2018). Tipos de pensamiento según la psicología. *Psicología-Online.* Recuperado de: https://www.psicologia-online.com/tipos-de-pensamiento-segun-la-psicologia-4223.html. (Consultado el 04.02.2020)

ocupan del comportamiento que ocurre dentro de los sistemas y se define por términos como irregularidad y/o imprevisibilidad.[38]

El pensamiento sistémico es complejo e incluye el pensamiento analítico y el pensamiento sintético. El fundador de la consultora *Prodsol* en Nueva Zelanda, Gary Bartlett, compara el pensamiento sintético y el pensamiento analítico en la presentación para la conferencia internacional *BREAKTHROUGHS 2001, Systemic Thinking. A simple thinking technique for gaining systemic (situation-wide) focus* (2001). El **pensamiento analítico** adopta una perspectiva externa en el tratamiento de un tema, centrándose en los elementos que componen un todo. El **pensamiento sintético** trata un tema desde la perspectiva interna, definiendo un todo a partir de sus elementos (figura 17).[39]

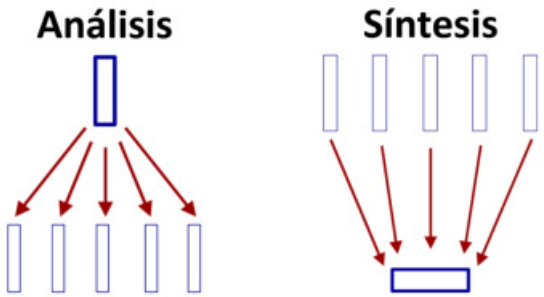


Figura 17. Representación conceptual de los pensamientos analítico y sintético. Esquema propuesto por Gary Bartlett. En *Systemic Thinking. A simple thinking technique for gaining systemic (situation – wide) focus* (2001). Fuente: www.probsolv.com

El enfoque del pensamiento sintético se puede comprender como un enfoque más creativo, ya que puede explicar conceptos conocidos (los elementos de un todo) y generar, por combinación de ellos, una forma nueva (un todo). El psicólogo y artista Alfred L. Copley indica que el pensamiento sintético facilita el proceso creativo tanto en el área artística, como en la científica. En el artículo *On Knowledge in Art and Science* (1987), el autor sugiere que este tipo de pensamiento permite al arte y a la ciencia interpretar al ser humano y al mundo que le rodea desde una nueva perspectiva.[40]

[38] Newell, W.H. (2001). A Theory of Interdisciplinary Studies. *Issues in Integrative Studies*, Nº 19, pp. 1-25. Pág. 4. " After all, scientists tend to feel more comfortable with systems thinking. The humanities and arts are more concerned with behavior that is idiosyncratic, unique, and personal—not regular, predictable, and lawful. If the natural and social sciences focus on the rules that govern behavior, the arts and humanities focus on the exceptions to those rules."

[39] Bartlett, G. (2001). Systemic Thinking. A simple thinking technique for gaining systemic (situation – wide) focus. En: BREAKTHROUGHS 2001. 9th International Conference on Thinking. Auckland, New Zealand. Recuperado de http://www.probsolv.com/systemic_thinking/Systemic%20Thinking.pdf. (Consultado el 10.09.2018). Pág. 2. "Systemic thinking is different – it combines analytical thinking with synthetical thinking. Analytical thinking is common – it's thinking about the parts or elements of a situation. Synthetical thinking isn't that common –it's thinking about how those parts or elements work together."

[40] Alcopley, L. (1987). Editorial: On Knowledge in Art and Science. *Leonardo*, 20(3), pp. 213-215. Recuperado de http://www.jstor.org/stable/1578161. (Consultado el 07.02.2018). Pág. 213-214. "What is common to both art

El **pensamiento visual** consiste en la actividad de pensar mediante las ideas y los conceptos aprendidos a través de imágenes. Aunque el término "visual" se relaciona con el arte, el pensamiento visual está también presente en la ciencia. La visualización de las ideas que aún están en desarrollo es una habilidad importante en las ciencias. Las imágenes, los símbolos y los gráficos forman parte del proceso científico ya que facilitan la comprensión de las ideas. El artículo *Visual Thinking: Art Students Have an Advantage in Geometric Reasoning* (2011) propone que el entrenamiento artístico puede mejorar el razonamiento creativo y la habilidad cognitiva aprendida de visualización (Walker et al., 2011). El pensamiento visual se aplica en varias ramas de la investigación científica para mejorar la comprensión de las estructuras y los sistemas que no se pueden ver. Estos procesos suponen tener habilidad para la visualización y la manipulación mental de las imágenes.[41]

Después de haber realizado el análisis comparativo entre las características presentes simultáneamente en el ámbito del arte y de la ciencia, es posible agrupar las características relacionales de los dos ámbitos del conocimiento (figura 18). Por un lado se pueden agrupar los términos comparativos que se utilizan en la descripción del arte y de la ciencia. Estos términos reúnen los siguientes conceptos: la imaginación, la curiosidad, la intuición, la estética y las formas de pensar.



Figura 18. Descripción terminológica arte-ciencia. Modelos de conocimientos compartidos.
Fuente: Producción propia.

and science is the creative process and the synthetic thinking in both human endeavours. Although analytical thinking built on logic is instrumental in scientific activities, synthetic thinking permits certain jumps, a creative process, without which science could not advance."

41 Walker, C.M., Winner, E., Hetland, L., Simmons, S., Goldsmith, L. (2011). Visual Thinking: Art Students Have an Advantage in Geometric Reasoning. *Creative Education, Vol.2*, pp. 22-26. doi:10.4236/ce.2011.21004. Pág. 22. "Virtually every STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) discipline calls upon visual or spatial thinking: chemists envision molecular structures and their interactions; geologists use field observations to envision structures that cannot be seen; engineers use visual feedback from computer models as they develop and test designs; topologists and geometers investigate mathematical relationships under various transformations."

1.2.2. Gestión organizativa del conocimiento organizacional en el ámbito educativo. Modelos conductuales de enseñanza-aprendizaje centrados en itinerarios formativos y estratégicos

Una de las causas de la separación artístico-científica, se debe a la popularización de la especialización profesional. Este término define un área particular del conocimiento y/o el proceso de llegar a convertirse en experto de un área específica, con todas las limitaciones que esto implica.[42] Supone centrar el conocimiento en desarrollar la "rama de una ciencia, arte o actividad, cuyo objeto es una parte limitada de ellas, sobre la cual poseen saberes o habilidades muy precisos quienes la cultivan."[43] Esta apreciación limita el estudio, o el trabajo de un individuo, a un área de conocimiento específica.[44]

En contraste, la generalización propone centrar el interés en la formación cognitiva de varias disciplinas y temas. Implica el conocimiento a distintos niveles de profundidad de distintos ámbitos del conocimiento y supone "abstraer lo que es común y esencial a muchas cosas, para formar un concepto general que las comprenda todas."[45]

El autor y director ejecutivo de la Biblioteca y Servicios de Información en el *Luther College* de Iowa (EE.UU), Christopher D. Barth, hace notar las expectativas presentes en la sociedad vinculadas a la necesidad de elegir un tema, o una determinada área de conocimiento, cuando un individuo inicia su educación superior. En *Convergence of libraries and technology organizations: New information support models* (2011), señala que la mayoría de las personas elige una única rama de estudio, y solo algunas se decantan por más de una, estando, en este segundo caso, las materias vinculadas entre sí (Barth ejemplifica con el caso de las ciencias políticas y la economía).[46]

Ashley-Smith (2000) considera que la especialización es la base de la separación entre el arte y la ciencia. En el artículo *Science and Art: Separated by a Common Language?* (2000), el autor remarca la estrecha conexión existente entre el sistema educativo y la

[42] Specialization (sin fecha). En: *Cambridge Dictionary*. Recuperado de: https://dictionary.cambridge.org/dictionary/english/specialization. (Consultado el 24.01.2020). "A particular area of knowledge or the process of becoming an expert in a particular area; Specialization (= limiting study or work to one particular area)"

[43] Especialidad (sin fecha). En: *Diccionario de la lengua española. Real Academia Española*. Recuperado de: https://dle.rae.es/especialidad (Consultado el 13.02.2020)

[44] Specialization (sin fecha). En: *Cambridge Dictionary*. Recuperado de: https://dictionary.cambridge.org/dictionary/english/specialization. (Consultado el 24.01.2020). "The limiting of one's study or work to one particular area, or a particular area of knowledge."

[45] Generalizar (sin fecha). En: *Diccionario de la lengua española. Real Academia Española*. Recuperado de: https://dle.rae.es/generalizar (Consultado el 13.02.2020)

[46] Barth, C. D. (2011). *Convergence of libraries and technology organizations: New information support models*. Oxford: Chandos. Pág 97. "Therefore, our educational institutions are generally full of individuals who have pursued (and are pursuing) highly specialized fields of study and are actively taught that quality academic study and value only arise from this level of depth in one subject."

especialización. Un sistema así hizo imposible estudiar, de forma simultánea, arte y ciencia con la misma profundidad, siendo el resultado la adquisición de un conocimiento reducido. Consecuencia de este hecho fue una situación en la que los individuos especializados en ciencia no disponían de conocimientos notables en arte, y los especializados en arte no disponían de herramientas para comprender las doctrinas científicas.[47]

En el texto *Why Art and Science?* (2013), publicado en línea en *Plos Blogs*, la artista y científica Johanna Kieniewicz, describe el sistema educativo como una estructura rígida donde tiene que escogerse una u otra área de estudio, sin posibilidad de mezclar campos de estudio diferentes. Kieniewicz propone la conveniencia de un cambio en el sistema educativo que derive en un fomento de la conexión entre áreas de estudio, de modo parecido a la época del Renacimiento, donde la educación impulsó el conocimiento de diferentes disciplinas, tales como la matemática, la filosofía, la historia, la geografía, la ciencia, el arte, etc. Por lo que respecta a los trabajos colaborativos desarrollados entre artistas y científicos, Kieniewicz considera que la precondición para su éxito implica la necesidad de que los artistas obtengan un conocimiento adecuado sobre los problemas, metodología, conceptos y técnicas científicas durante la etapa de su profesionalización. De esta manera, los artistas enriquecen sus perspectivas y aquellas habilidades técnicas que les ayudarán en la exploración de los problemas emergentes compartidos entre ambas áreas.[48]

En el libro *Range: Why generalists triumph in a specialized world* (2019), el periodista y autor estadounidense David J. Epstein, compara la generalización y la especialización partiendo del estudio de casos de personas que han alcanzado el éxito en diferentes ámbitos (deporte, ciencia, arte, etc.). Observa cómo el interés y el aprendizaje sobre otros dominios puede aumentar la creatividad de los individuos, abrirles a nuevos puntos de vista y fomentar la innovación en distintos campos de trabajo.[49] Los individuos profundamente

---

47 Ashley-Smith, J. (2000). Science and Art: Separated by a Common Language? Conservation Journal, Autumn, 2000, Issue 36. Victoria and Albert Museum, London. Recuperado de: http://www.vam.ac.uk/content/journals/conservation-journal/issue-36/science-and-art-separated-by-a-common-language/. (Consultado el 05.02.2019). "Finally it became acceptable to not understand something important merely because it was 'scientific', yet stylish to feign an understanding of art."

48 Kieniewicz, J. (el 19 de junio, 2013). *Why Art and Science?* At the Interface. Plos Blogs. Diverse Perspectives on Science and Medicine. Recuperado de: http://blogs.plos.org/attheinterface/2013/06/19/why-art-and-science/ (Consultado el 18.05.2018). "A precondition of this greater engagement with science is that artists themselves be literate in science. Well known for their reading of philosophers such as Proust, Foucault and Deleuze, should art students not read Stephen Hawking and Charles Darwin as well? I am not saying they need to become scientists themselves or ditch the philosophy (quite the opposite). Rather, by immersing themselves in the ideas of science, artists expose themselves to the big questions of life from a different perspective and add new and exciting set of media to the toolbox with which they are able to explore these 'big questions'."

49 Epstein, D. J. (2019). *Range: Why generalists triumph in a specialized world*. New York: Riverhead Books. Pág 17-22. "I found a raft of studies that showed how technological inventors increased their creative impact by accumulating experience in different domains, compared to peers who drilled more deeply into one; they actually benefited by proactively sacrificing a modicum of depth for breadth as their careers progressed. There was a nearly identical finding in a study of artistic creators… The challenge we all face is how to maintain the benefits of

especializados buscan el camino hacia la innovación usando el conocimiento y las técnicas de su propia área de estudio, a menudo sin tener en cuenta lo que el conocimiento y las técnicas de otras disciplinas pudieran aportar a la búsqueda de la solución a un problema o a la elaboración de nuevos conceptos e ideas relacionados con el tema en cuestión.

La directora de la organización *Art Catalyst*, Nicola Triscott, es de la opinión de que la generalización y el enfoque en más de una única disciplina aporta beneficios a la innovación. En una presentación durante la conferencia *hYbrid*, celebrada en Oporto (Portugal) en 2007, Triscott propuso que la clave para la innovación radica en romper las barreras disciplinarias de la especialización y en ayudar a las personas para que sean más abiertas a los conocimientos y a las nuevas ideas.[50] Estos cambios son necesarios no solo en el arte y la ciencia, sino en todos los ámbitos, y necesitan ser introducidos de forma gradual. El objetivo de una transformación así es facilitar el contacto entre expertos de distintos ámbitos y fortalecer las relaciones entre ellos. De esta manera, se crea un entorno de disciplinas mixtas donde se hace posible que cada participante pueda aportar propios conocimientos al trabajo colectivo.

Aunque la especialización y la generalización sean extremos, existe una amplia gama de grados distintos entre ambos conceptos. El ingeniero de software, consultor y autor canadiense, Scott W. Ambler, elabora un listado de las distintas habilidades que los individuos desarrollan durante su vida profesional (figura 19).



Figura 19. Niveles de profesionalización. Escala gradual de interacción entre disciplinas propuesta por Scott W. Ambler (2010) dónde se recogen tres grados diferenciados: especialista, generalista-especialista y generalista. El autor contempla un cuarto grado, el especialista generalizado, donde un individuo tiene el conocimiento profundo de varias áreas disciplinares. Fuente: http://agilemodeling.com

Algunas personas especializadas desarrollan su actividad profesional centradas en un tema específico y utilizan el conocimiento particular aplicando solo aquellas técnicas estrechamente relacionadas con el mismo. Su conocimiento sobre el tema elegido es

breadth, diverse experience, interdisciplinary thinking, and delayed concentration in a world that increasingly incentivizes, even demands, hyperspecialization."

[50] artinscience. (el 6 de mayo, 2009). *Arts Catayst by Nicola Triscott 4/4*. Recuperado de: https://www.youtube.com/watch?v=u-dFqRktpA0. (Consultado el 25.05.2018). "Let´s bring people who have different perspectives and different education together to think about the big things that are going to be affecting our world in the future... If we are going to have an innovative and ethical society we need to break down the specialization boundaries and keep learning to work together and bring different expertise to bear."

mucho más profundo que los conocimientos sobre cualquier otro. No obstante, otras personas, también especializadas, poseen conocimientos sobre otros asuntos y campos de estudio. A este tipo de personas, Ambler las clasifica como "especialistas generalizados". Tienen una o más especialidades técnicas, un conocimiento general y están abiertas al aprendizaje teórico y práctico.[51] Los especialistas generalizados se encuentran en el centro de la escala entre los dos extremos, entre especialistas y generalistas (figura 20).



Figura 20. Niveles de profesionalización del especialista generalizado. Escala de amplitud de los conocimientos propuesta por Scott W. Ambler (2010). El autor propone una posición central. Fuente: http://agilemodeling.com

La especialización y la generalización representan dos facetas del desarrollo personal y profesional de un individuo. Ambas son de importancia para la resolución de problemas de interés cuando se precisa de trabajos colaborativos o de esfuerzos conjuntos. Aplicando los conocimientos específicos adquiridos durante un período de especialización y poniéndolos en interacción con el resto de conocimientos pertenecientes a otras ramas de estudio, se rompen las barreras presentes entre profesionales y se construye una compleja red basada en la unión de aquellos elementos que son aportados desde cada una de las disciplinas implicadas. De esta manera, se elabora un pensamiento integral, abierto al aprendizaje continuo. La interacción de ambos enfoques, el general y el especializado, abre un camino hacia la innovación gracias a la unión de perspectivas, conocimientos teóricos y prácticos, ideas, conceptos y diferentes metodologías.

Barth (2011) resalta la capacidad que tiene la generalización para complementar a la especialización sin subestimar su valor. Las personas abiertas al aprendizaje están preparadas para adquirir nuevas habilidades y aportar al área de conocimiento en la que participan un amplio conocimiento general y una experiencia especializada profunda propia de su saber particular.[52] La artista canadiense Martha Fleming apunta el valor que tienen los

[51] Ambler, S.W. (2010). *Generalizing Specialists: Improving Your IT Career Skills*. Agile Modeling. Recuperado de: http://agilemodeling.com/essays/generalizingSpecialists.htm. (Consultado el 20.05.2020). "Generalizing specialists are often referred to as craftspeople, "T-skilled" people, multi-disciplinary developers, cross-functional developers, deep generalists, polymaths, versatilists, or even "renaissance developers"."

[52] Ibidem. Pág 100-101. "Specialization versus generalization is complicated enough within the traditional bounds of one profession, let alone making what had previously been an impermeable (or at least rather impenetrable) boundary into a more porous one. And as is the case with many things, while our human nature wants to skew to one extreme or the other, the most beneficial and sustainable path is a balanced one that lies somewhere in the middle… This tug-of-war between specialization and generalization is an area where individuals who thrive on learning will succeed."

individuos especializados en aquellos trabajos de índole colaborativa. Destaca su importancia para los trabajos interdisciplinares en la presentación *Shared Imagination: Art and Science Collaborations in Dundee* (2011), donde los describe como personas flexibles que poseen un conocimiento profundo sobre un tema determinado, a la vez que se mantienen abiertos a la transformación de las reglas de sus propias disciplinas y al reconocimiento de los valores de otras.[53] Kieniewicz (2013) observa la necesidad de mantener a aquellas personas dotadas de un nivel alto de especialización, tanto en el arte como en la ciencia, a fin de obtener un alto rendimiento en los resultados del trabajo. En el caso de los trabajos colaborativos entre artistas, científicos y expertos de otras disciplinas, los participantes disponen inicialmente de la base propia de su área de especialización. Al empezar el trabajo común, los conocimientos, las metodologías, las técnicas, las ideas y los conceptos se comparten y mezclan entre los participantes. Es posible crear así un espacio en el que los profesionales especializados pueden trabajar juntos, aprender unos de otros, compartir ideas con los demás y beneficiarse.[54] El filósofo francés Edgar Morin apoya la necesidad de la especialización. En el artículo *Sobre la Interdisciplinariedad* (1997), propone la solución al contraste entre la especialización y la generalización con la creación de un ámbito metadisciplinar. La metadisciplinariedad, vista como una unión de las calidades de las disciplinas puestas en la interacción, es un modelo que puede conseguir que cada una de las disciplinas implicadas esté abierta y cerrada a la vez. "En conclusión, para qué servirían todos los saberes parcelarios sino para ser confrontados para formar una configuración respondiendo a nuestras demandas, a nuestras necesidades y a nuestros interrogantes cognitivos."[55]

El cambio gradual de la posición del arte en el ámbito enseñanza-aprendizaje se puede observar hoy en día a través de la transición del modelo educativo STEM (*Science, Technology, Engineering and Mathematics*) al modelo STEAM (*Science, Technology, Engineering, Art and Mathematics*). El acrónimo STEM fue introducido en el año 2001 por

---

53 ExhibitionDJCAD (el 28 de noviembre, 2011). *Martha Fleming, Shared Imagination: Art and Science Collaborations in Dundee*. Recuperado de: https://www.youtube.com/watch?v=xFdqa-afSvg. (Consultado el 31.01.2019). "For there to be effective interdisciplinarity, there need to be highly skilled practitioners of differing disciplines... They are capable of actually bending their disciplines rules and able to recognize the developed skills of another, even when they don't understand them. Learning one technique well also means one can acquire new skills more quickly."

54 Kieniewicz, J. (el 19 de junio, 2013). *Why Art and Science?* At the Interface. Plos Blogs. Diverse Perspectives on Science and Medicine. Recuperado de: http://blogs.plos.org/attheinterface/2013/06/19/why-art-and-science/ (Consultado el 18.05.2018). "Good art and good science necessarily require high degrees of specialization. If we were to create large numbers of scientists who didn't think 'like scientists' this would be problematic. And the same goes for art and artists. But, by creating spaces in which both scientists and artists can work together, communicate and learn from each other, both science and art can benefit."

55 Morin, E. (1997). Sobre la Interdisciplinariedad. *Publicaciones ICESI, Nº 62*, Enero/Marzo 1997, pp.9-15. Universidad Icesi, Cali, Colombia. Recuperado de: http://repository.icesi.edu.co/biblioteca_digital/bitstream/10906/2562/1/Sobre_interdisciplinariedad.pdf. (Consultado el 16.03.2017). Pág. 15

la bióloga Judith Ramaley, por entonces subdirectora de educación y recursos humanos de la National Science Foundation - NSF (EE.UU), para describir los campos profesionales de la ciencia, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas, o un plan de estudios que integra los conocimientos de estas materias.[56] En el año 2008 apareció el acrónimo STEAM que, junto a otras disciplinas, incluye también el arte. Su origen es polémico, ya que se atribuye a varios autores (John Maeda, ex presidente de la *Rhode Island School of Design*, Harvey White, cofundador de las empresas *Qualcomm Inc*. y *Leap Wireless International Inc*. y Georgette Yakman, fundadora de la concultora *STEAM Education*).[57]

Estrechamente vinculado a STEAM se encuentra el modelo ABP, referido al aprendizaje basado en problemas (en inglés, PBL- *problem-based learning*). Este modelo tiene su origen en la *School of Medicine* de la *McMaster University* (Canadá), donde fue creado por los profesores Howard Barrows y Robyn Tamblyn en los años 60. Su objetivo fue mantener la motivación de los estudiantes hacia el aprendizaje centrándose en la solución de problemas del mundo real. El método ABP se ha expandido desde su introducción inicial en los programas de la escuela de medicina a otras áreas de conocimiento. Este tipo de aprendizaje propone que la adquisición de conocimientos tiene la misma importancia que la adquisición de habilidades y fomenta la interdisciplinariedad y la integración de conocimiento, apoyando el trabajo colaborativo, la creatividad, la originalidad y la innovación. El aprendizaje en este caso se desarrolla a través de la búsqueda, comprensión, asimilación y aplicación de conocimientos adquiridos a fin de resolver un determinado problema.

En el artículo *Problem-Solving in the Arts and Sciences* (1971), el psicólogo estadounidense Howard Gardner, sostiene que la búsqueda de la solución de problemas en el arte y la ciencia implica dos procesos. El primero es la conceptualización, el proceso que incluye la definición del problema, el análisis de sus elementos y las propuestas de las acciones necesarias para su solución.[58] El segundo es la ejecución, el proceso que supone la aplicación del plan y los pasos seleccionados para la solución del problema investigado. La

[56] Hallinen, J. (el 28 de junio, 2019). STEM Education Curriculum. *Encyclopædia Britannica, inc*. Recuperado de: https://www.britannica.com/topic/STEM-education. (Consultado el 29.03.2020)

[57] Root-Bernstein, R. (2019). Art/Science. En: Runco, M.A. y Pritzker, S.R. (Eds.) *Encyclopedia of Creativity*. 3rd edition, pp. 69-75. USA: Academic Press, Elsevier Science, 2020. Pág. 74. "Various people take credit for inventing the acronym including John Maeda, former President of the Rhode Island School of Design, which implemented a STEM-to STEAM program in 2008; Harvey White, co-founder of both Qualcomm Inc. and Leap Wireless International Inc., also laid claim to having invented the acronym about the same time; and Georgette Yakman, a graduate student at Virginia Polytechnic and State University used the acronym ST∑@M in a paper that year."

[58] Gardner, H. (1971). Problem-Solving in the Arts and Sciences. *Journal of Aesthetic Education, 5*(1), 93-113. doi:10.2307/3331579. Pág. 98. "Conceptualization implies that when confronting certain kinds of problems the solver must identify the critical elements, restrict himself to the operations which can legitimately be performed upon them, and arrive at the rearrangement such that the new ordering conforms to certain requirements and achieves specifiable endstates."

ejecución implica el resumen sobre el problema, la integración de la solución propuesta y la evaluación de la solución basada en el aprendizaje autónomo (figura 21). Gardner atribuye el papel principal del proceso de conceptualización a los científicos (a través de la creación de la hipótesis, el análisis de los datos y la creación de conclusiones) y el proceso de ejecución a los artistas (que a veces llegan a la solución del problema sin pasar por el proceso de conceptualización).[59] Sin embargo, las etapas de los dos procesos no se pueden separar de forma clara, y dependiendo del tipo de trabajo, ambos son empleados tanto por científicos como por artistas.

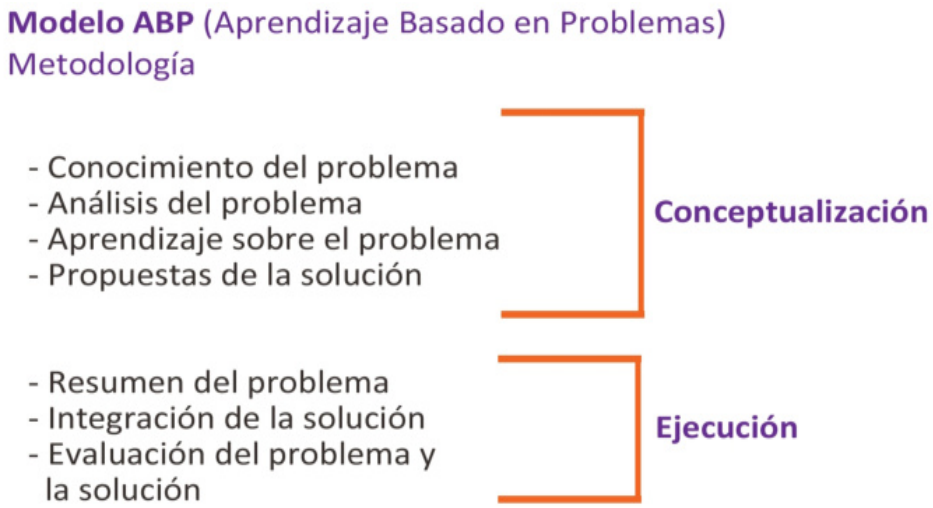


Figura 21. Procesos de la conceptualización y de la ejecución presentes en la búsqueda de la solución de problemas en el ámbito artístico y el científico propuestos por el psicólogo Howard Gardner. Fuente: Producción propia.

[59] Gardner, H. (1971). Problem-Solving in the Arts and Sciences. *Journal of Aesthetic Education, 5*(1), 93-113. doi:10.2307/3331579. Pág. 100. "The artist may simply begin to manipulate the elements of his medium and discover the problem he is solving only in the course of execution."

1.3. Construcción de un espacio multicultural intercambiable. De la contradicción del espacio diferencial a la revelación de un espacio compartido

El término "tercera cultura" se puede explicar como una entidad que proviene de, y está estrechamente relacionada con, otras dos entidades, perteneciendo a ambas y a ninguna de ellas a la vez. En el contexto de las relaciones arte-ciencia, se puede describir como un espacio compartido, que implica tanto los procesos y el conocimiento científicos, como los artísticos. En los años 60 C. P. Snow propone el término "tercera cultura" en la edición ampliada del libro *The Two Cultures and the Scientific Revolution* (1964) y describe cómo su aparición modifica la compresión del arte y la ciencia como dos formas de vida distintas. El autor observa el nacimiento de este cambio al comparar el sistema educativo estadounidense con el del Reino Unido. Las universidades estadounidenses, según Snow, ofrecen a los estudiantes de ciencias poder tener una educación humanística al mismo tiempo. De esta manera, se les brinda la oportunidad, desde las etapas iniciales de su formación, de conocer y abrirse a otras áreas de estudio.[60] Snow propuso la idea de la "tercera cultura" a partir de un contexto en el que se facilita el diálogo directo entre científicos e intelectuales procedentes del mundo literario. Sin embargo, hoy en día, el término se usa en un sentido más amplio, refiriéndose a la relación entre las ciencias y las artes y las humanidades en general. La creación de un entorno donde se puede producir un diálogo intercultural entre ciencia y arte tiene por objeto ayudar a construir la tercera cultura.

En los años 90 apareció el libro *Third Culture: Beyond the Scientific Revolution* (1995), escrito por el autor estadounidense John Brockman. Adoptando las ideas de Snow, el autor define la tercera cultura como un ámbito de conocimiento compartido, donde los científicos y los pensadores intelectuales tratan los significados profundos de nuestras vidas y proponen una redefinición de la visión del ser humano.[61] Mientras que la propuesta de la "tercera cultura" de Snow se basa en la necesidad de comunicación entre científicos y humanistas, la "tercera

[60] Snow, C. P., Collini, S. (2012). *The two cultures*. Cambridge, U.K: Cambridge University Press. Pág. 69-70. "I have been increasingly impressed by a body of intellectual opinion, forming itself, without organisation, without any kind of lead or conscious direction, under the surface of this debate... This body of opinion seems to come from intellectual persons in a variety of fields—social history, sociology, demography, political science, economics, government (in the American academic sense), psychology, medicine, and social arts such as architecture. It seems a mixed bag: but there is an inner consistency. All of them are concerned with how human beings are living or have lived... I am not implying that they agree with each other, but in their approach to cardinal problems—such as the human effects of the scientific revolution, which is the fighting point of this whole affair—they display, at the least, a family resemblance."

[61] Brockman, J. (1995). *Third Culture: Beyond the Scientific Revolution*. New York, USA: Simon and Schuster, 1996. Pág.17. "The Third Culture consists of those scientists and other thinkers in the empirical world who, through their work and expository writing, are taking the place of the traditional intellectual in rendering visible the deeper meanings of our lives, redefining who and what we are."

cultura" de Brockman pone su énfasis en el resultado de esta comunicación, en tanto que ésta facilita una interculturalidad más efectiva donde conceptos e ideas se transmiten a todos e incluyen al público en general. Con el fin de mostrar el proceso de construcción de la tercera cultura, el autor incluyó aportaciones de expertos pertenecientes a áreas de estudio diferentes: física, biología, paleontología, filosofía, geología, psicología, genética, informática, matemáticas, astrofísica, etc.

En la primera década del 2000 el profesor de la Facultad de Psicología y Educación en la *Free University of Brussels* (Bélgica), Willem Elias, describe la "tercera cultura" como algo que ha surgido de los conceptos e ideas proporcionados por las dos culturas (la ciencia y las humanidades) en el texto *Reflection on art and science: creative fusion* (2008). Las ideas y conceptos básicos de las ciencias y las humanidades son elementos que pueden ser usados e interpretados por artistas e investigadores para la creación de un nuevo ambiente. De esta manera, es posible cerrar la brecha formada entre las dos culturas ya que es posible comprender más sobre los otros campos de trabajo y usar sus conocimientos, ideas y conceptos, y adaptarlos al tema tratado en su propia área de estudio. Aplicando el término de la "tercera cultura" al sector artístico, Elias observa el carácter innovador que tienen los artistas que usan la investigación científica en la creación.[62]

La investigación científica de hoy en día se ha convertido en uno de los temas tratados a menudo por los artistas haciendo que la "tercera cultura" se haga una parte de la creación contemporánea. La artista y profesora del Departamento de Artes de Medios de Diseño de la UCLA (*University of California*, Los Angeles, EE.UU), Victoria Vesna, escribe sobre la posición que ocupan los artistas que trabajan con las nuevas tecnologías en el artículo *Toward a Third Culture: Being in between* (2001), publicado en la revista *Leonardo*. La autora describe a estos artistas como profesionales situados entre la comunidad científica y la comunidad humanística. Gracias a esto, tienen la libertad de ayudar a construir un puente entre el arte y la ciencia y a crear un espacio colaborativo donde se produce un respeto mutuo entre ambos tipos de profesionales.[63]

---

62 Elias, W. (2008). Reflection on art and science: creative fusion. En: Elias, W., Friederichs, T., Krpan J., Peljhan M., Puncer M. *Art&Science. Creative Fusion*. pp. 7-8. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, 2008. Pág.8. "There is a growing and innovative field of art that has taken to using science and research to make thought-provoking pieces. Artistic research is becoming commonplace and not only artists and scientists appreciate it. The general public is becoming aware of this field and being brought into the third culture as well."

63 Vesna, V. (2001). Toward a Third Culture: Being in between. *Leonardo, 34*(2), pp. 121-125. Recuperado de: http://www.jstor.org/stable/1577014. (Consultado el 05.02.2017). Pág. 122. "Artists using technology are uniquely positioned in the middle of the scientific and literary/philosophical communities and are allowed poetic license, which gives us the freedom to reinforce the delicate bridge and indeed contribute to the creation of a new, mutant third culture. By utilizing tools familiar to scientists and collaborating with the scientific community, we are getting closer to an atmosphere of collaboration and mutual respect."

La colaboración y el intercambio entre profesionales ofrece la oportunidad de superar la ruptura entre las "dos culturas" descrita por Snow en los años 50 y abre la puerta hacia posibles innovaciones basadas en aportaciones significativas de ambos ámbitos. El profesor Arthur I. Miller describe la "tercera cultura" como un futuro inevitable donde la unión del arte y la ciencia va a dominar el área artística. En la entrevista para la organización *Burnaway*, realizada por la artista Bojana Ginn en 2015[64], Miller propone que los campos del arte, la ciencia y la tecnología de hoy van a unirse en torno a la tercera cultura proponiendo una nueva vanguardia, que tiene su origen en el arte digital, el sonido electrónico y la visualización de datos.

La idea de la colaboración y la creación, entendidas en el contexto de la "tercera cultura", sugiere que se produzcan aportaciones mutuas entre artistas y científicos. A los artistas la colaboración les ofrece la posibilidad de desarrollar sus proyectos a partir de las propuestas de la ciencia y la de incorporar en su producción artística metodologías y tecnologías científicas. A los científicos, la colaboración con los artistas les permite comunicar y divulgar sus investigaciones a un público no especializado, así como a enriquecerlas con una perspectiva diferente. Gracias a la unión de conocimientos, metodologías e ideas, las colaboraciones científico-artísticas pueden resultar innovadoras y ofrecer una solución a los problemas tratados.

Elias (2008) observa que la existencia de la "tercera cultura" hoy en día se debe a la colaboración entre artistas y científicos. La colaboración se puede desarrollar gracias a intereses comunes: la curiosidad humana, la creatividad y el deseo de entender y representar lo desconocido. En cuanto se trata de las diferencias entre el arte y la ciencia, sus estrategias epistemológicas distintas pueden ser productivas tanto para los científicos como para los artistas.[65]

En el texto *Third Culture? From the Arts to the Sciences and Back* Again (2011), el físico y profesor de Arte y Tecnología en la *University of Texas at Dallas* (EE.UU), fundador de la organización *Leonardo/ISAST*, Roger F. Malina, describe el papel del artista como un traductor del trabajo científico a través del uso de ordenadores y programas de generación, procesado y visualización de datos. El lenguaje digital es lo que conecta las dos disciplinas. Los proyectos que se desarrollan usando estas herramientas son proyectos de traducción, y

[64] Ginn, B. (el 6 de marzo, 2015). *Art & Science: Q&A with Arthur I. Miller*. BURNAWAY. Recuperado de: https://burnaway.org/interview/art-science-qa-arthur-miller/. (Consultado el 24.05.2018).

[65] Elias, W. (2008). Reflection on art and science: creative fusion. En: Elias, W., Friederichs, T., Krpan J., Peljhan M., Puncer M. *Art&Science. Creative Fusion*. pp. 7-8. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, 2008. Pág. 8. "In the form of collaborative art-and-science research projects, reciprocal exchange and public presentations, these projects create an intercultural landscape of aesthetic and ethical knowledge production."

no de representación. La creación de un lenguaje compartido aporta creatividad e innovación.[66]

A partir de la experiencia personal en el campo de la investigación y la ilustración científica, el artista y científico estadounidense David Goodsell, describe cómo es la función del artista como divulgador de las investigaciones científicas. En una entrevista para la página web *Traits of Life* del museo *Exploratorium*, Goodsell describe la necesidad que tienen los artistas de saber más sobre la investigación científica con el fin de poder reflexionar sobre los problemas de la sociedad y poder mostrar soluciones al público en general. El resultado de este comportamiento propone una colaboración abierta del mundo científico y el mundo artístico con un intercambio de conocimientos e intereses.[67]

El concepto de la "tercera cultura" está basado en los conceptos de colaboración e intercambio, así como en la necesidad de apertura profesional entre unos y otros. Para entender mejor cómo se puede desarrollar la "tercera cultura", facilitar las colaboraciones científico-artísticas y lograr la solución de los problemas emergentes de forma innovadora, es necesario centrarse en el estudio de la relación que existe entre el arte y la ciencia.

66 Malina, R. F. (2011). Third Culture? From the Arts to the Sciences and Back Again. En: Kluszczynski, R.W y Zawistowska-Toczek, D. (Ed.) *Towards the Third Culture: The Co-Existence of Art, Science, and Technology*. Art+Science Meeting. pp. 22-30. Laznia Centre for Contemporary Art, May 2011. National Centre for Culture, Gdansk, Poland. Pág. 28. "The born-digital generation has a currency in a dialect that is valid on both sides of the river, and this shared language entails shared ontologies and eventually connected epistemologies. This process of shared language building, enables trade and barter and not assimilation, is one that is surely a contributor to creativity and innovation on both banks."

67 Miller, M.K. (sin fecha). *Drawing Conclusions. Art and Science combine to image what cannot be seen*. Traits of Life, Exploratorium. Recuperado de: http://www.exploratorium.edu/traits/goodsell.html. (Consultado el 21.10.2017). "My science colleagues are much more likely to go to an artist or illustrator to present their work and artists are going more and more to scientists to understand these concepts and fold them into their own work. Artists want to understand more about the research because there are real implications for society and they want to comment on that and make the issues clearer for the public. So the lines are blurring, or at least the sides are more and more willing to talk. It's an exciting time for all of us."

Capítulo 2

Conformación de identidades arte-ciencia. Conocimiento intersubjetivo, ámbito académico y estrategias de organización laboral

El segundo capítulo revisa las estructuras identitarias y los conocimientos intersubjetivos que conforman las relaciones arte-ciencia en el ámbito académico. Compara los modelos organizativos laborales que los dos discursos generan. Este capítulo está dividido en tres partes.

La primera parte analiza el concepto de realidad que proponen el arte y la ciencia para comprender el mundo que nos rodea y la creación de una memoria colectiva. Especifica las correlaciones entre los discursos analítico-estéticos que se construyen para articular el mundo de lo funcional/emocional, lo objetivo/subjetivo y lo consciente/inconsciente. Analiza las estrategias organizacionales para definir el desarrollo personal/profesional que cada uno utiliza en su entorno laboral.

La segunda parte trata de cómo se adquiere el conocimiento en el entorno académico. Analiza metodologías y procesos de investigación teórico-prácticos que se utilizan en el contexto artístico y científico.

La tercera parte estudia cómo las organizaciones dedicadas a la gestión del conocimiento arte-ciencia miden la calidad de las relaciones interpersonales y de los discursos críticos que utilizan. Señala los principios de actuación y construcción identitaria que promueven y las metodologías y dispositivos para la trasferencia del conocimiento que utilizan.

2.1. El conocimiento y el capital humano. Transformación de los discursos intersubjetivos en el contexto actual

Pasamos a analizar las particularidades del arte y de la ciencia partiendo de tres puntos de vista. El primero está centrado en conectar las dos áreas de conocimiento con la realidad y el mundo físico que nos rodea. El segundo se centra en los enfoques de ambos campos del conocimiento, donde sus procesos cognitivos se basan en las dicotomías funcional/emocional, objetivo/subjetivo y consciente/inconsciente. El tercer punto de vista observa el posicionamiento, el desarrollo y el aprendizaje profesional de los individuos en el ámbito artístico y en el ámbito científico.

2.1.1. Conciencia sobre la realidad y compresión del mundo físico. Creación de la memoria colectiva y del conocimiento compartido

Los temas tratados por el arte y la ciencia incluyen un abanico de intereses muy amplio. Para determinar los aspectos de la realidad que inspiran las actividades de las dos áreas, es necesario revisar el concepto de "mundo" y de los elementos que lo constituyen. "Mundo" es un concepto extenso que, en su sentido más amplio, enmarca todo lo existente.

El Diccionario Cambridge define el mundo como compuesto por seres humanos, animales, países y todo lo que existe en la Tierra. Más específico, el mundo puede referirse tanto a un grupo de cosas como a un área de la actividad humana. Visto a un nivel más amplio, el mundo comprende el planeta Tierra o, al menos, la parte del Universo que implica la existencia de vida.[68] Según la Real Academia Española, el mundo se define como el "conjunto de todos los seres humanos."[69] Partiendo de este punto de vista, el mundo puede referirse de forma más específica a un grupo de seres humanos unidos por las mismas ideas, creencias, objetivos o estilos de vida. Es decir, el mundo representa una "parte de la sociedad humana caracterizada por alguna cualidad o circunstancia común a todos sus individuos. El mundo cristiano, capitalista, de las finanzas."[70] Visto como fuente de inspiración para las actividades del arte y la ciencia, la definición de "mundo" quizás más conveniente sería una "parte determinada de la realidad o de alguna de sus manifestaciones."[71]

---

[68] World (sin fecha). En: *Cambridge Dictionary*. Recuperado de: https://dictionary.cambridge.org/dictionary/english/world. (Consultado el 28.06.2018). "The earth and all the people, places, and things on it; … a group of things such as countries or animals, or an area of human activity or understanding; … a planet or other part of the universe, especially one where life might or does exist."

[69] Mundo (sin fecha). En: *Diccionario de la lengua española. Real Academia Española*. Recuperado de: http://dle.rae.es/?id=Q5etWXp. (Consultado el 28.06.2018).

[70] Ibidem.

[71] Ibidem.

La amplitud de los temas que provienen del mundo que nos rodea es tratada por el artista y compositor alemán Julian Klein. En el artículo *Qué es la investigación artística* (2011), el autor propone una variedad de preguntas comunes para los ámbitos del arte y la ciencia: "¿Quiénes somos? ¿Cómo queremos vivir? ¿Qué significan las cosas? ¿Qué es real? ¿Qué podemos saber? ¿Cuándo existe algo? ¿Qué es el tiempo? ¿Qué es la causa? ¿Qué es la inteligencia? ¿Dónde está el sentido? ¿Podría ser todo lo contrario?"[72]

Tanto el arte como la ciencia buscan dar respuesta a estas preguntas y proponen diferentes soluciones y reflexiones. Este proceso se puede describir como la búsqueda del conocimiento causada por la curiosidad presente en los dos ámbitos. Tratando un tema específico, los artistas y científicos constantemente buscan y descubren nuevos conocimientos, muchas veces centrándose en otras disciplinas. De esta manera se forma el conocimiento compartido que los profesionales de áreas distintas aplican cada uno a su propio campo de trabajo. En el libro *El pensamiento salvaje* (1966) el antropólogo y filósofo francés Claude Lévi-Strauss describe el arte y la ciencia como dos formas cercanas de conocimiento compartido y ejemplifica está relación a través del retrato de Isabel de Austria realizado por el pintor francés François Clouet en 1571. Se trata de un retrato realista que representa a la princesa ataviada con un vestido saturado de detalles decorativos (figura 22).



Figura 22. François Clouet, *Isabel de Austria*, óleo sobre tabla, 36 x 26 cm (1571).
Fuente: https://commons.wikimedia.org

[72] Klein, J. (2011). Was ist künstlerische Forschung? *kunsttexte.de/Auditive Perspektiven*, Nr. 2, 2/2011, pp. 1-5. Recuperado de: https://edoc.hu-berlin.de/bitstream/handle/18452/7501/klein.pdf?sequence=1&isAllowed=y. (Consultado el 10.12.2017). Pág 3. "Wer sind wir? Wie wollen wir leben? Was bedeuten die Dinge? Was ist wirklich? Was können wir wissen? Wann existiert etwas? Was ist Zeit? Was hat Schuld? Was ist Intelligenz? Wo ist Sinn? Könnte es auch anders sein?"

El cuello de encaje representado en el retrato tiene un alto nivel de detalle. Lévi-Strauss interpreta este elemento como ejemplo de combinación de conocimientos procedentes de áreas diferentes: para pintar un objeto con tanta precisión, mostrando los detalles de su estructura, es necesario conocer la morfología y el proceso productivo de su fabricación. Este conocimiento, junto con el conocimiento artístico, permite crear la presentación realista de un objeto.[73]

2.1.2. Correlaciones, observación y reflexión sobre la construcción de los discursos analítico-estéticos. Creatividad como espacio del conflicto

Uno de los objetivos compartidos entre el arte y la ciencia es la necesidad de transmitir la información, con el fin de mejorar la compresión sobre un tema de interés específico. Wright y Linney (2006) escriben sobre el interés existente por transmitir información que difunda el conocimiento y por compartir el proceso enseñanza-aprendizaje con la sociedad. Describen la necesidad de esta comunicación como un impulso creativo presente tanto en el mundo del arte como en el de la ciencia.[74] Cada una de las "dos culturas" realiza esta tarea de forma diferente, en base a sus formas de expresarse, y a sus percepciones y experiencias. La acción de transmitir el conocimiento por parte del arte y de la ciencia se analiza a través de tres dicotomías correspondientes a cada unos de las áreas de conocimiento: funcional/emocional, objetivo/subjetivo y lógico/inconsciente.

1. Articulación de lo físico VS articulación de lo intangible. Funcional/Emocional

Teniendo en cuenta el carácter explicativo de la ciencia, enfocado al funcionamiento físico de los fenómenos tratados, y el carácter emocional del arte, enfocado a la transmisión de la información desde el punto de vista personal del artista, los términos "funcional" y "emocional" se pueden utilizar como punto distintivo de las dos áreas. La ciencia puede explicar la forma en que algunos procesos suceden, pero en numerosas ocasiones tales procesos no se han experimentado vitalmente, con lo que se carece de experiencia emocional acerca de ellos.

El biólogo, investigador y teórico estadounidense Edward O. Wilson, propone en el libro *Conciliense: The Unity of Knowledge* (1998) una situación imaginaria donde una neurobióloga, experta en física y visión del color, es incapaz de ver los colores por sí misma.

---

73 Lévi-Strauss, C. (1962). *The Savage Mind*. Letchworth, Hertfordshire, England: The Garden City Press Limited, 1966. Pág. 25. "The painter is always mid-way between design and anecdote, and his genius consists in uniting internal and external knowledge, a 'being' and a 'becoming', in producing with his brush an object which does not exist as such and which he is nevertheless able to create on his canvas."

74 Wright A. y Linney A. (2006). The Art and Science of a Long-Term Collaboration. En: Rye, D.C. and Scheding, S.J. (Eds.) *Proceedings. New Constellations: Art, Science and Society*. pp. 54-60. Sydney, Australia: Museum of Contemporary Art. Pág. 55 "A motivating factor at the heart of both art and science is a desire for the pleasure of understanding something new and of communicating this to others. At the highest level of both forms of endeavour we can see this creative impulse at its strongest."

Aunque entiende perfectamente el mecanismo por el que el cerebro humano facilita la visión de los colores, no es capaz de entender cómo se siente el individuo cuando ve un color determinado. Si este caso se aplica al análisis comparativo arte-ciencia, se observa la diferencia funcional/emocional de la respuesta: mientras que el arte expresa los sentimientos, la ciencia busca comprender la realidad y aclarar las cosas.[75] La transmisión de la información, ya sea emocional o práctica, es un objetivo compartido entre los dos ámbitos.

Observando el mundo físico como un lugar de interés compartido por el arte y la ciencia, Wright y Linney (2006) proponen que el arte hace preguntas sobre el mundo que nos rodea, expresando su curiosidad a través de lo emocional, sin necesidad de encontrar respuestas precisas o soluciones específicas al problema observado. La ciencia, sin embargo, busca respuestas y certezas sobre el mundo, centrando su interés en el aspecto físico de lo visible.[76] Visto de esta manera, el arte dedica su interés al proceso de búsqueda, mientras que la ciencia enfoca su actividad en el resultado o en la solución de un problema.

2. Construcción científica de los hechos VS construcción perceptiva de la realidad. Objetivo/Subjetivo

La transmisión de información a través del arte y la ciencia se puede observar desde la dicotomía objetivo/subjetivo en segundo lugar. La ciencia tiende a comunicar información con cierta objetividad, descubriendo solamente elementos y procesos probados y conocidos. El arte a menudo transmite información basada en el sentimiento y la interpretación personal experimentada por el artista.

El físico, escritor e investigador Jorge Wagensberg describe la ciencia como una disciplina objetiva y dialéctica que transmite lo presentado, sin dejar espacio para interpretaciones personales. En cambio, describe el arte como una disciplina que va más allá de lo presentado y que abre así la puerta a un complejo mundo de reflexiones y compresiones subjetivas.[77]

---

[75] Wilson, E.O. (1998). *Conciliense: The Unity of Knowledge*. New York, USA: Vintage Books, A division of random house, Inc., 1999. Pág. 127. "The distinction that illuminates subjective experience lies elsewhere, in the respective roles of science and art. Science perceives who can feel blue and other sensations and who cannot feel them, and explains why that difference exists. Art in contrast transmits feelings among persons of the same capacity. In other words, science explains feeling, while art transmits it."

[76] Wright A. y Linney A. (2006). The Art and Science of a Long-Term Collaboration. En: Rye, D.C. and Scheding, S.J. (Eds.) *Proceedings. New Constellations: Art, Science and Society*. pp. 54-60. Sydney, Australia: Museum of Contemporary Art. Pág. 60. "Whilst science is, for the most part, focused on altering our physical relationship with the natural world, art is orientated more towards a philosophical and emotional understanding of that relationship."

[77] Wagensberg, J. (1985). *Ideas sobre la complejidad del mundo*. Barcelona: Tusquets Editores, S.A., 1989. 2ª. ed. Pág. 102. "El conocimiento científico no sólo no pretende comunicar más de lo presentado, sino que incluso recomienda el abstenerse de tal tentación. El científico conoce las limitaciones de sus códigos y lenguajes, y sacrifica la infinitud que no abarca. El artista … pretende todo lo contrario: que su pobre imagen finita tenga la

3. Conexiones lógicas sistémicas VS conexiones intuitivas arbitrarias. Consciente/Inconsciente

Una tercera dicotomía usada para el análisis de las diferencias entre el arte y la ciencia es consciente/inconsciente. El físico alemán Albert Einstein describe el arte y la ciencia como dos partes de un todo que tienen funcionalidades diferentes. En su respuesta al ensayo del historiador de arte Paul M. Laporte, *Cubism and Relativity* (1945), publicado junto a la carta de Einstein en la revista *Leonardo* en 1988, Einstein propone que existe una similitud entre las actividades artísticas y científicas, ya que ambas construyen un todo partiendo de elementos concretos. Las reglas y las relaciones que se establecen entre los elementos dan como resultado un orden superior que no pertenece a ninguno de los elementos específicos. Lo que distingue al arte de la ciencia es la manera de conseguir este orden superior. El científico considera que la ciencia lo hace aplicando conexiones conscientes y lógicas, mientras que el arte lo hace de forma inconsciente.[78]

2.1.3. Estrategias para el desarrollo personal y profesional en el entorno laboral

El arte y la ciencia desarrollan sus actividades gracias a una motivación personal que responde a la necesidad de actuar en diferentes áreas de la vida humana, para satisfacer una determinada curiosidad, y/o para cumplir diferentes objetivos. El proceso de ambas áreas incluye diferentes tipos de incentivos y evolución del aprendizaje.

1. Posicionamiento profesional social. Incentivos, competitividad y expectativas

En el artículo *Las teorías sobre la motivación y su aplicación a la actividad física y el deporte* (2012),[79] el profesor de la Universidad Autónoma de Madrid, Antonio Monroy Antón, y la profesora de la Universidad de Alcalá y de la Universidad Complutense de Madrid, Gema Sáez Rodríguez, proponen una clasificación de varias teorías de la motivación en el ámbito deportivo. En este proyecto se analizarán tres de ellas que se pueden aplicar al campo del arte y la ciencia.

- Teoría de la motivación de logro, desarrollada por los psicólogos John William Atkinson y David McClelland, propone que la motivación supone competición entre pares. Está causada por factores externos (evaluaciones de colegas, del público, etc.) e internos

capacidad de arrastrar la infinitud de la complejidad primera."

78 Laporte, P. (1988). Cubism and Relativity with a Letter of Albert Einstein. *Leonardo, 21*(3), pp. 313-315. doi:10.2307/1578661. Pág. 313. "In science, the principle of order which creates units is achieved through logical connection while, in art, the principle of order is anchored in the unconscious. The artistic principle of order is always based on traditional modes of connection (Verknuep fungsweisen) which are felt as equally compelling by those who live in this tradition as the logical connection is felt by scientifically oriented persons."

79 Monroy Antón, A. y Sáez Rodríguez, G. (2012). Las teorías sobre la motivación y su aplicación a la actividad física y el deporte. *EFDeportes.com, Revista Digital*. Año 16, Nº 164, Enero de 2012, Buenos Aires, Argentina. Recuperado de: https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4213508. (Consultado el 10.09.2018).

(personales) en aquellos espacios en los que exista necesidad por parte de los protagonistas de perseguir el éxito y evitar el fracaso.

- Teoría de los dos factores, propuesta por el psicólogo estadounidense Frederick Herzberg, se basa en la actitud y en la relación del individuo con su trabajo. Según esta teoría, la actitud es la que determina el éxito o el fracaso del trabajo. La actitud queda así estrechamente relacionada con los sentimientos de logro a nivel personal. Mientras que el sentimiento de satisfacción depende del contenido de las actividades, el de insatisfacción depende del ambiente en el que se desarrolla la acción, incluyendo aquí la relación con los compañeros de trabajo.
- Teoría de las expectativas, formulada por el profesor de la *Yale School of Management* (EE.UU) Victor Vroom, trata sobre el comportamiento o el modo de ejecutar una acción y explica que está condicionado por el resultado específico que se espera obtener. La motivación está determinada por este resultado y direcciona el desarrollo del trabajo hacia el éxito o el fracaso.

2. La creatividad y la estética en la contribución del desarrollo profesional

Moravcsik (1974) indica que la ciencia está orientada a la resolución de problemas y el arte a la realización de acciones dirigidas a satisfacer una necesidad personal. El autor basa la motivación compartida en el arte y la ciencia con los siguientes conceptos:

- Creatividad. Representa el impulso de usar el talento y las habilidades presentes en los individuos para realizar un trabajo.
- Estética. Juega un papel fundamental en la motivación para realizar una propuesta. Mientras que los artistas buscan lo estético en las formas, los colores, los sonidos o las palabras, y los científicos lo buscan en las leyes de la naturaleza y en su funcionamiento.[80]
- Contribución. Se manifiesta como la necesidad de crear algo que puede servir a la humanidad.

[80] Moravcsik, M. (1974). Scientists and Artists: Motivations, Aspirations, Approaches and Accomplishments. *Leonardo, 7*(3), pp. 255-259. doi:10.2307/1572903. Pág. 255-256. "Beauty is enjoyed by many people, though the definition of what is beautiful might vary greatly from person to person. To a scientist, the laws of nature ... are extremely beautiful, just as artists find beauty in certain combinations of forms, colors, sounds and words. It is perhaps much less known to the layman that scientists often use criteria of beauty (for example, simplicity) in their formulation of scientific hypo- theses. Thus not only do scientists get satisfaction out of the beauty of the regularities of nature but their feelings of beauty play a role in their practice of science."

3. Estrategias participativas, autorregulación del aprendizaje y construcción del conocimiento a través del error

Otros conceptos estrechamente vinculados a la motivación presente en el arte y la ciencia son el **progreso** y el **error**.

- **Progreso**. Definido por el filósofo francés Alain de Benoist, el progreso representa un proceso acumulativo donde cada etapa del desarrollo se considera de mejor calidad que la anterior.[81] Observado históricamente, la idea de progreso está presente en el trabajo científico, porque los descubrimientos suponen casi siempre un avance con respecto al estado anterior. Sin embargo en el progreso artístico, a nivel de calidad, las obras de grandes maestros pueden mantener la misma importancia respecto a las obras del arte contemporáneo. El filósofo austriaco Ernst Gombrich observa el progreso artístico como un fenómeno subjetivo en el libro *The Story of Art* (1966). Si se observa a nivel individual, la idea de progreso existe dentro del mundo artístico, refiriéndose al avance personal, relacionado con el trabajo de un sólo artista que incluye el aprendizaje y el desarrollo de las ideas y de nuevos procesos de trabajo. Visto así, el progreso en el arte se puede describir como el progreso personal, opuesto al progreso en la ciencia, o al progreso general.

- **Error**. En cuanto se trata del concepto de error, este tiene una connotación negativa, ya que sugiere que el resultado deseado no se ha logrado, al contrario de lo que normalmente se espera. En la entrevista para el *MIT Technology Review*, la profesora de Historia del Arte y Arquitectura de la *Harvard University*, Sarah Lewis, observa el error como un concepto positivo. Propone el error como una herramienta que sirve para lograr los objetivos. El error se entiende como un espacio entre el punto en que nos encontramos y el punto hasta el que queremos llegar realizando el trabajo.[82]

---

81 Benoist, A. de (2002). A Brief History of the Idea of Progress. *The Occidental Quarterly*, Vol. 8, Nº 1, Spring 2008, pp. 7-16. Recuperado de: https://www.toqonline.com/archives/v8n1/TOQv8n1Benoist.pdf. (Consultado el 09.08.2018). Pág. 7. "Progress can be defined as a cumulative process in which the most recent stage is always considered preferable and better, i.e., qualitatively superior, to what preceded it."

82 Bergstein, B. (el 15 de abril, 2014). The Underappreciated Ties Between Art and Innovation. *MIT Technology Review* (en línea). Recuperado de: https://www.technologyreview.com/s/526436/the-underappreciated-ties-between-art-and-innovation/. (Consultado el 15.03.2018). "I'm thinking [instead] of the importance of structures that let people go deep with their failure while letting it be an entrepreneurial endeavor if they like, or an innovative discovery."

2.2. El conocimiento y la investigación académica. Construcción del talento diferencial y eficiente

La adquisición y la articulación del conocimiento en el ámbito del arte y de la ciencia está estrechamente vinculado al proceso de investigación y al desarrollo curricular teórico-práctico. Sin embargo, existe una idea generalizada que vincula el término "investigación" a la actividad científica, pero no a la artística. En el primer lugar se van a analizar los términos "investigación" y "metodología" y su relación en el ámbito artístico y científico. En el segundo lugar se va a estudiar el proceso teórico/práctico presente en la actividad artística y científica.

2.2.1. Procesos experimentales y aproximaciones relacionales

1. Investigación

El diccionario de la Real Academia Española define la investigación básica como una actividad "que tiene por fin ampliar el conocimiento científico, sin perseguir, en principio, ninguna aplicación práctica."[83] Esta definición propone un vínculo entre los términos "investigar" y "ciencia". El Diccionario Cambridge describe la investigación como un estudio detallado sobre un tema definido que tiene como fin descubrir una nueva información sobre el hecho y comprender mejor el problema.[84] El Diccionario Collins la define como una ocupación que busca descubrir los hechos específicos de un tema.[85]

Las definiciones del término "investigación" propuestas por los diccionarios Cambridge y Collins ofrecen una vista más amplia del concepto, aplicable a cualquier otro ámbito de conocimiento y no solo al científico.

El artista y escritor inglés Victor Burgin, observa la invisibilidad del arte cuando se menciona el término "investigación." Esta tendencia generalizada atribuye al artista la acción de crear y al científico la de investigar.[86]

---

[83] Investigación (sin fecha). En: *Diccionario de la lengua española. Real Academia Española*. Recuperado de: https://dle.rae.es/investigaci%C3%B3n?m=form. (Consultado el 18.02.2020)

[84] Research (sin fecha). En: *Cambridge Dictionary*. Recuperado de: https://dictionary.cambridge.org/dictionary/english/research. (Consultado el 18.02.2020). "A detailed study of a subject, especially in order to discover (new) information or reach a (new) understanding."

[85] Research (sin fecha). En: *Collins English Dictionary*. Recuperado de: https://www.collinsdictionary.com/dictionary/english/research. (Consultado el 18.02.2020). "Research is work that involves studying something and trying to discover facts about it."

[86] Burgin, V. (2006). Thoughts on "research" degrees in visual arts departments. *Journal of Media Practice 7*, No. 2, pp. 101-108. Pág. 101. "The word 'art' does not appear in dictionary definitions of the word 'research'. Typically, 'research' is defined as: 'scientific or scholarly investigation, especially study or experiment aimed at discovery, interpretation or application of facts, theories or laws'. Such a definition agrees with commonsense

La presencia de la actividad de investigar en el arte y en la ciencia se debe a intereses y objetivos compartidos, tales como la adquisición de conocimiento, la creatividad y la innovación. Manuel Toharia, autor y divulgador de la ciencia, une la investigación científica y la artística bajo el concepto de "creatividad" en el texto *El arte de investigar* (2010). La creatividad, como creación de algo nuevo, indica innovación.[87]

2. Metodología

Según la Real Academia Española, la metodología se define como un "conjunto de métodos que se siguen en una investigación científica o en una exposición doctrinal."[88] El Diccionario Oxford define la metodología como un sistema compuesto por los métodos que se aplican en un área específica de estudio o actividad.[89]

En el artículo *Research Methodology* (2006), los profesores S. Rajasekar (*School of Physics, Bharathidasan University*), P. Philominathan (*Department of Physics, A.V.V.M Sri Pushpam College*) y V. Chinnathambi (*Department of Physics, AKGS Arts College*), describen la metodología como una forma sistemática de resolver problemas que decide sobre el desarrollo de los pasos a seguir y la aplicación de los métodos durante la investigación.[90]

Los profesores de la *University of Glasgow* (Reino Unido) Anna Morgan Thomas, Adina Dudau y Georgios Kominis describen la metodología como un estudio teórico sobre cómo se realiza la investigación de manera sistemática. El objetivo de la metodología es abordar sistemáticamente el problema investigado, sacar conclusiones válidas y mantener la coherencia del proyecto.[91]

---

understanding, in which the word 'research' may conjure images of white-coated scientists, electron microscopes and particle accelerators. This same commonsense would probably allow that the term also apply to the image of a tweed-clad historian, among piles of documents in a dusty archive. In both cases, the outcome of research is assumed to be knowledge..."

87 Toharia, M. (2010). El arte de investigar. En: Castro, S.J. y Marcos, A. (Eds.) *Arte y Ciencia: Mundos Convergentes*. pp.325-332. Madrid, España: Plaza y Valdés Editores S.L. 1ª ed. Pág. 331

88 Metodología (sin fecha). En: *Diccionario de la lengua española. Real Academia Española*. Recuperado de: http://dle.rae.es/srv/search?m=30&w=metodolog%C3%ADa. (Consultado el 07.02.2018).

89 Methodology (sin fecha). En: *Oxford Living Dictionaries*. Recuperado de: https://en.oxforddictionaries.com/definition/methodology. (Consultado el 07.02.2018). "A system of methods used in a particular area of study or activity."

90 Rajasekar, S., Philominathan, P. y Chinnathambi, V. (2006). *Research Methodology*. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/2174858_Research_Methodology. (Consultado el 04.07.2018). Pág. 5. "Research methodology is a systematic way to solve a problem. It is a science of studying how research is to be carried out... It is also defined as the study of methods by which knowledge is gained. Its aim is to give the work plan of research."

91 Adina Dudau (el 2 de enero, 2016). 1.5. Method and methodology. Recuperado de: https://www.youtube.com/watch?v=KyuDYW9QbD4. (Consultado el 04.07.2018). "It is the systematic theoretical analysis of the methods... Simply put if it wasn't for methodology and if you were to use whatever method of data collection, analysis and evaluation you wished, that puzzle of methods you will end up with may or may not look cohesive, may or may not look as part of the same project underpinned by the same principles. It is the methodology that holds everything together."

El método se entiende como un elemento que forma parte de la metodología. El diccionario de la Real Academia Española define el método como el "modo de obrar o proceder, hábito o costumbre que cada uno tiene y observa" o el "procedimiento que se sigue en las ciencias para hallar la verdad y enseñarla."[92] Rajasekar, Philominathan y Chinnathambi (2006) describen los métodos de investigación como todos los procedimientos teóricos o prácticos usados durante la investigación.[93]

Morgan Thomas, Dudadu y Kominis (2016) definen los métodos como los enfoques y técnicas utilizados durante el proceso de investigación. Los métodos incluyen la observación, el registro y procesado de datos, la elaboración de conclusiones y la reflexión sobre las implicaciones de los hallazgos.[94]

Comparando los términos "metodología" y "método", se puede concluir que la metodología se comprende como un término más amplio, representando el conjunto de procesos que analiza diferentes pasos a seguir durante la investigación.

La profesora de la Universidad de Huddersfield y socia del *Huddersfield Centre for Research in Education and Society* (Reino Unido), Cheryl Reyndols, utiliza la analogía de un iceberg para describir la relación entre la metodología y los métodos (figura 23). La forma entera del iceberg representa la metodología. La parte de iceberg visible, que sale del agua, representa los métodos usados en la investigación. La otra parte del iceberg, escondida debajo del agua, representa la lógica y las suposiciones presentes en el proceso de investigación. Los métodos representan la parte visible de este proceso – las entrevistas, las encuestas, la observación, etc. Los métodos se aplican según cierta lógica que justifica su uso en la investigación. Los métodos y la lógica en que se basan forman juntos la metodología.[95]

---

92 Método (sin fecha). En: *Diccionario de la lengua española. Real Academia Española*. Recuperado de: https://dle.rae.es/m%C3%A9todo?m=form. (Consultado el 14.02.2020)

93 Rajasekar, S., Philominathan, P. y Chinnathambi, V. (2006). *Research Methodology*. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/2174858_Research_Methodology. (Consultado el 04.07.2018). Pág. 5. "Research methods are the various procedures, schemes and algorithms used in research... They include theoretical procedures, experimental studies, numerical schemes, statistical approaches, etc. Research methods help us collect samples, data and find a solution to a problem."

94 Adina Dudau (el 2 de enero, 2016). 1.5. Method and methodology. Recuperado de: https://www.youtube.com/watch?v=KyuDYW9QbD4. (Consultado el 04.07.2018). "Methods refer to techniques used in performing research operations... They are processes applied through the course of studying a research problem. The instruments and behaviour used throughout all stages of your research process. It includes making observations, recording data, processing that data, making inferences, reaching conclusions, and finally reflecting on implications of the findings."

95 Cheryl Reyndols (el 25 de julio, 2017). Methods and methodology. Recuperado de: https://www.youtube.com/watch?v=FqrG6Aq_-E4. (Consultado el 04.07.2018). "Methods fairly straightforward what's less clear. And what's not immediately visible and kind of below the waterline ... is the thinking that underpins those methods the logic and assumptions that you're using to make those decisions."

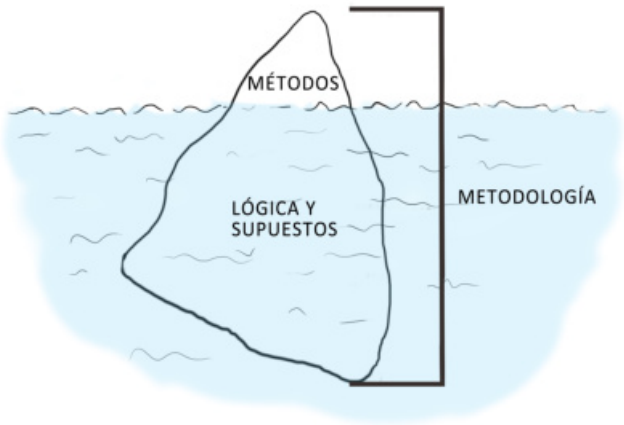


Figura 23. Relación entre metodología y método. En la configuración de un proceso de investigación los métodos suponen los pasos prácticos del proceso, mientras que la metodología añade a esta parte resolutiva la ideación conceptual del problema. Propuesta modificada de la representación realizada por la profesora Cheryl Reyndols (2018). Fuente: www.youtube.com

Los investigadores de la *Gray's School of Art* perteneciente a la *Robert Gordon University* de Escocia (Reino Unido), Carol Gray y Julian Malins, escriben sobre la importancia de definir la metodología en el ámbito del arte y el diseño en el artículo *Research procedures/methodology for artists & designers* (1993). Los autores describen la metodología como un proceso evolutivo que necesita tiempo para establecer técnicas estandarizadas de investigación. Mientras que la investigación y la metodología científicas han sido desarrolladas durante mucho tiempo, la investigación artística es un concepto relativamente nuevo, y por eso existen dificultades en la definición de su metodología.[96] Los autores proponen dos posibilidades para la investigación artística. Una de ellas implica adaptarse a una metodología estandarizada, utilizada en el ámbito de las ciencias naturales y sociales. Sin embargo, el problema que aparece en este caso es que la metodología estandarizada muchas veces no resulta conveniente para un proyecto artístico específico. La otra posibilidad implica la creación de una nueva metodología específica, válida para un sólo proyecto, quizás no aplicable a otros proyectos de la producción artística.[97]

[96] Gray, C. y Malins, J. (1993). *Research procedures/methodology for artists & designers*. Aberdeen, Scotland: Robert Gordon University. Pág. 2-3. "Research in Art & Design is a relatively new endeavour... For this reason there are, as yet, no well-defined strategies on which researchers can draw. In scientific disciplines research methodologies have been developed over several centuries; even social science has now a century old tradition. With this perspective, it is obvious that the definition and articulation of 'artistic' research procedures will not be accomplished easily or quickly, given the enormity and complexity of the challenge."

[97] Gray, C. y Malins, J. (1993). *Research procedures/methodology for artists & designers*. Aberdeen, Scotland: Robert Gordon University. Pág.3. "Art & Design research requires a distinctive approach and the use of procedures / methodologies which are appropriate and sympathetic to the nature of the discipline, but no less rigorous,respectable and accountable than those of the Sciences and Social Sciences."

2.2.2. Cartografías, perspectivas y métodos. Relación teoría-práctica en los procesos curriculares artísticos y científicos

Con respeto al proceso teórico/práctico que desarrollan el arte y la ciencia, se pueden señalar tres pasos generalizados que muestran cómo se desarrolla el trabajo artístico y el científico: la búsqueda de un tema de interés, el proceso del desarrollo de la investigación y el resultado final (figura 24).

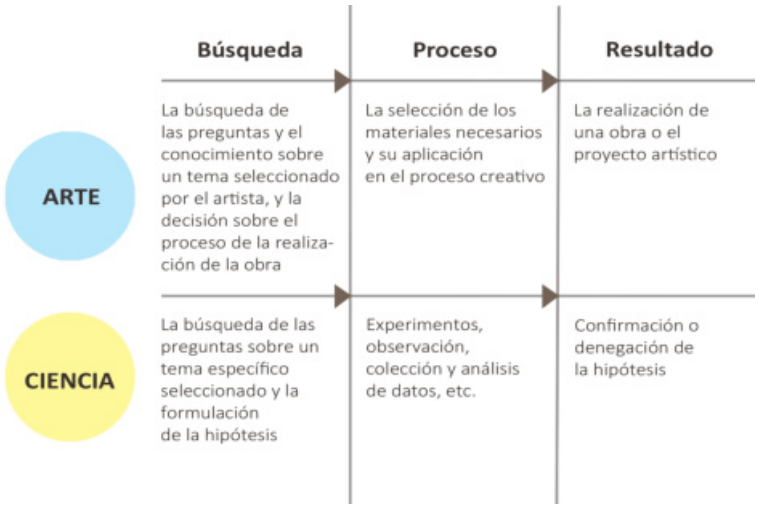


Figura 24. Procesos curriculares artísticos y científicos. Metodologías de investigación. Fuente: Producción propia.

El proceso artístico implica un conjunto de estrategias que dan como resultado la creación de una obra o un proyecto artístico. Estas estrategias incluyen una parte teórica (la recopilación de información sobre el tema seleccionado por el artista para la obra y la decisión sobre el modo de ejecutarla), así como una parte práctica (la selección y aplicación de los materiales necesarios y el proceso mismo de creación de la obra). El resultado es la realización de una obra o un proyecto artístico.

El proceso científico también implica un conjunto clave de estrategias para la adquisición de conocimiento sobre un tema específico. Al igual que la metodología artística, ésta incluye una parte teórica (la búsqueda de preguntas sobre un tema y la formulación de la hipótesis) y una parte práctica (los experimentos y las observaciones). Los resultados de la parte práctica se aplican a la parte teórica, a la hipótesis, con el fin de confirmarla o refutarla.

A continuación se analizará el funcionamiento de las dos áreas de conocimiento con más profundidad a través de escritos de diferentes científicos, teóricos y artistas. El objetivo de este análisis es determinar las diferencias y las similitudes que existen entre los procesos presentes en el arte y la ciencia y agrupar a los pasos que los profesionales de cada uno de los ámbitos de conocimiento toma para realizar sus actividades.

1. Contexto científico

Rajasekar, Philominathan y Chinnathambi (2006) observan que los métodos de la investigación científica requieren explicaciones basadas en hechos, mediciones y observaciones que puedan ser verificadas a través de experimentos.[98] Gray y Malins (1993) describen los métodos científicos como una estrategia sistemática, rigurosa, controlada, deductiva, predictiva, positivista, empírica y basada en la experimentación lógica.[99]

En cuanto se trata del desarrollo del proceso científico, este se puede dividir en más de tres pasos. El físico estadounidense Lambert Dolphin, propone, en su página web, un esquema de cuatro pasos para describir los elementos que componen el método científico (figura 25)[100]:

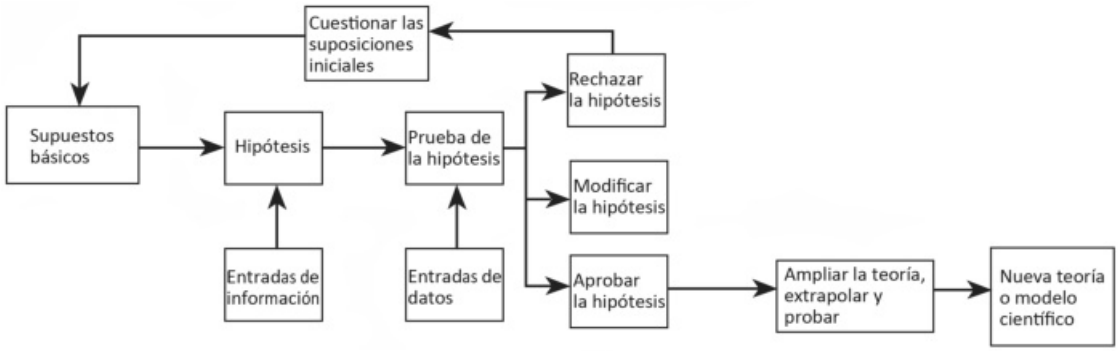


Figura 25. Metodología de investigación científica. Proceso metodológico propuesto por el físico Lambert Dolphin (1992). Fuente: www.ldolphin.org

1. Creación de los supuestos teórico/prácticos básicos sobre un tema seleccionado.
2. Elaboración de una hipótesis basada en la información y en los datos existentes sobre el tema de interés.
3. Prueba de la hipótesis de los datos conseguidos usando la medición de la observación.
4. Representación del resultado de la prueba de la hipótesis, pudiéndose presentarse tres casos:

[98] Rajasekar, S., Philominathan, P. y Chinnathambi, V. (2006). Research Methodology. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/2174858_Research_Methodology. (Consultado el 04.07.2018). Pág. 5. "Particularly, scientific research methods call for explanations based on collected facts, measurements and observations and not on reasoning alone. They accept only those explanations which can be verified by experiments."

[99] Gray, C. y Malins, J. (1993). *Research procedures/methodology for artists & designers*. Aberdeen, Scotland: Robert Gordon University. Pág. 5. "The aim of science is to provide explanations for phenomena, its research strategies being characterised as systematic, rigorous, controlled, deductive, predictive, positivistic, empirical and based on logical experimentation. The scientific model of research has its antecedents in Galileo, Copernicus, Descartes, Bacon and Newton."

[100] Dolphin, L. (1992). Steps in the Scientific Method. Lambert Dolphin. Recuperado de: http://www.ldolphin.org/SciMeth2.html. (Consultado el 12.03.2020)

- Hipótesis queda confirmada y a partir de ella se puede extender la teoría existente o crear una teoría nueva sobre el tema tratado.
- Hipótesis necesita una modificación
- Hipótesis resulta refutada que resulta en la revisión de los supuestos básicos y en la necesidad de empezar el proceso desde el principio.

El filósofo y físico argentino Mario Bunge ofrece una pauta general de la investigación científica en el libro *La ciencia : Su método y su filosofía* (2001). Según el autor, el proceso científico incluye cinco pasos[101]:

1. Planteo de problema. Reconocimiento de los hechos, descubrimiento del problema y su formulación.
2. Construcción de un modelo teórico. Selección de los factores pertinentes, formulación de la hipótesis y las suposiciones auxiliares y traducción de la hipótesis a alguno de los lenguajes matemáticos en su caso.
3. Deducción de consecuencias particulares. Búsqueda de soportes racionales (deducción de consecuencias que pueden haber sido verificadas en el mismo campo o en los campos similares) y búsqueda de soportes empíricos (elaboración de predicciones y datos empíricos).
4. Prueba de la hipótesis. Diseño y ejecución de la prueba, elaboración de datos, conclusión de acuerdo con el modelo teórico.
5. Introducción de las conclusiones a la teoría. Comparación de las conclusiones con las predicciones, reajuste del modelo, en su caso, y sugerencias sobre el próximo trabajo.

2. Contexto artístico

En el caso de la metodología artística, los pasos de la investigación se analizan partiendo de la propuesta del artista inglés, Stroud Cornock. Realizando un estudio de caso basado en la experiencia de siete estudiantes de grado en Bellas Artes en el último año en la *Leicester Polytechnic* (hoy en día la *De Montfort University*, Leicester, Reino Unido) en los años 80, Cornock propuso la creación de una metodología para los estudiantes que experimentan dificultades. El estudio y la propuesta de una metodología así han sido descritos en el artículo *Towards a Methodology for Students of Fine Art* (1983), publicado en el *Journal of Art & Design Education*. La propuesta de Cornock consiste en el desarrollo de seis pasos que se realizan en dos fases (figura 26):

Fase I: Actividad generativa

1. Generación. Exploración de los materiales físicos (los colores, los pinceles, etc.) y los materiales conceptuales (tales como el color, la forma, la textura, etc.) en el estudio.

[101] Bunge, M. (2001). *La ciencia : Su método y su filosofía*. (4ª ed.) Buenos Aires: Sudamericana. Pág. 85.

2. Selección. Identificación y selección de los elementos/objetos deseados y considerados necesarios para la realización de la obra.
3. Síntesis. Unión de todos los elementos seleccionados en un todo. Producción de la obra con sentido.

Fase II: actividad analítica y reflexiva

4. Articulación. Conceptualización de la obra realizada y documentación para hacerla comprensible al observador. En este paso, al proceso creativo se le añade la parte teórica.
5. Presentación. Exposición del producto final. Unión de la síntesis (producción física de la obra) y de la articulación de la propia producción (conceptualización de la obra).
6. Debate crítico. Evaluación del trabajo. Se desarrolla entre el estudiante, autor de la obra, y sus profesores y/u otros estudiantes, etc. Presentación coherente de la obra describiendo el proceso de la creación articulado.

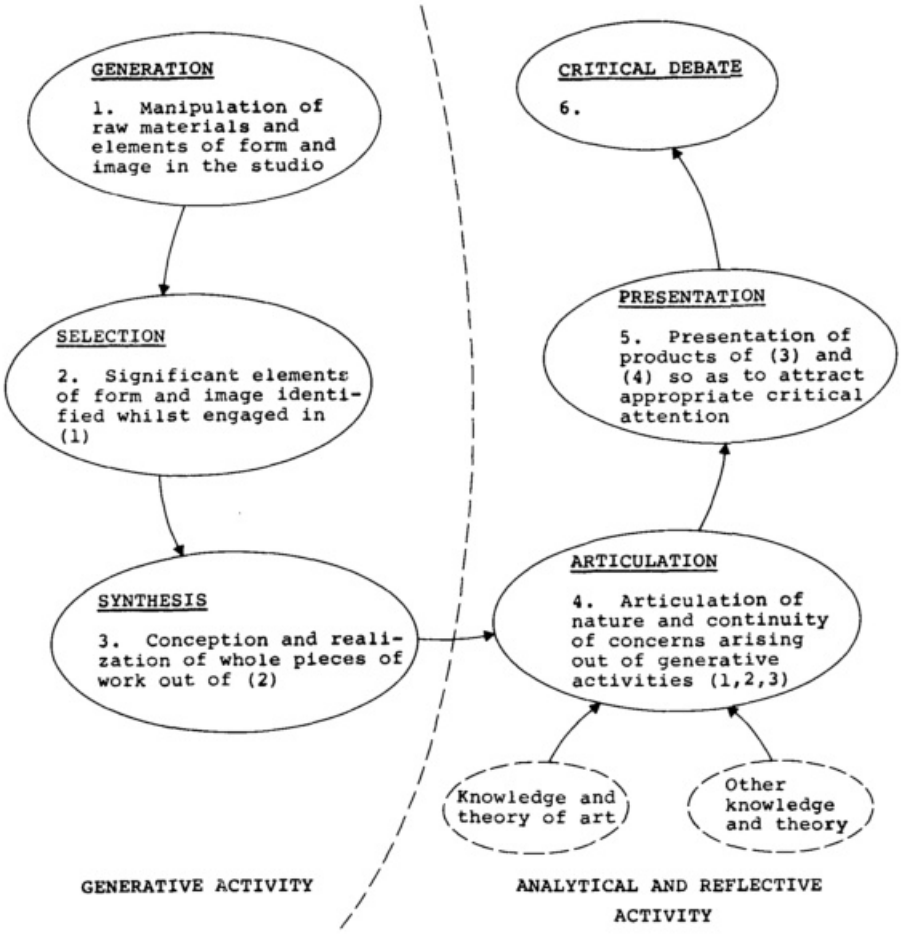


Figura 26. Metodología de investigación artística. Proceso metodológico propuesto por el artista Stroud Cornock. Fuente: Stroud Cornock (1983). *Towards a Methodology for Students of Fine Art*. Journal of Art & Design Education, 2(1). Pág. 97.

Comparando las presentaciones de la metodología científica de Dolphin (1992) y la metodología artística de Cornock (1983), encontramos una distribución distinta de los pasos presentes en el proceso de los dos ámbitos. Aunque los dos esquemas contienen una parte práctica y otra teórica, la metodología artística empieza desarrollando la parte práctica y termina conceptualizando la parte teórica y la metodología científica empieza y termina desarrollando la parte teórica del proyecto, quedando la parte práctica en el medio del proceso de la investigación (figura 27).

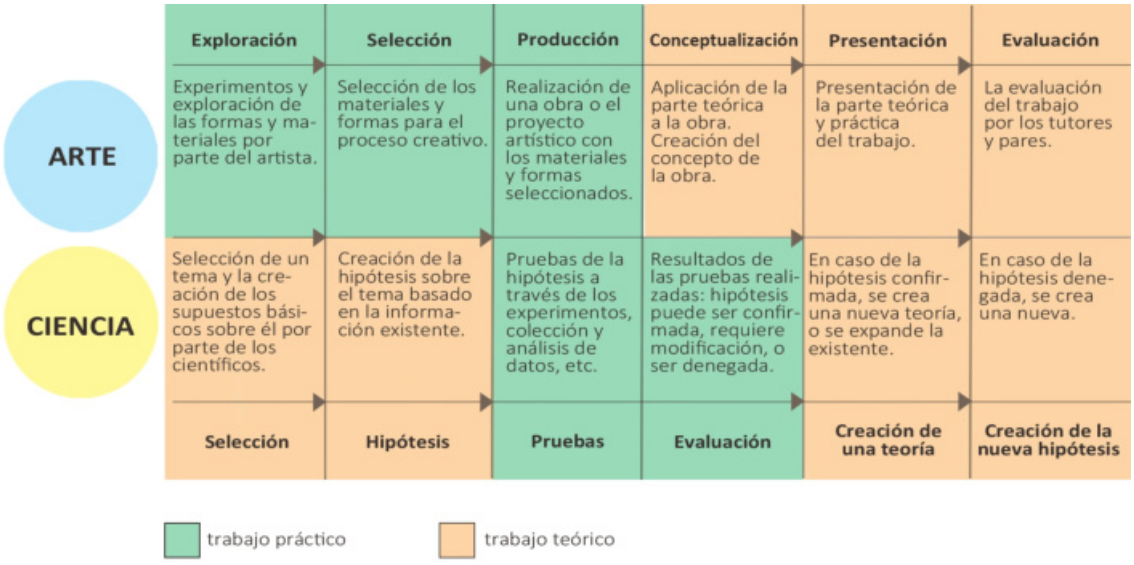


Figura 27. Procesos curriculares artísticos y científicos. Fuente: Producción propia. Gráfico comparativo basado en las propuestas de Cornock (1983) y Dolphin (1992).

La investigación sobre la metodología artística realizada por Cornock incluyó solamente casos de estudiantes de Bellas Artes. A continuación, se describe la experiencia de 6 artistas, poniendo el foco en su metodología de trabajo. El objetivo es comparar la metodología artística aplicada por los estudiantes analizados por Cornock y la empleada por esta media docena de artistas que fueron entrevistados por la organización en línea *Methods of Art* (MOA), una base de datos de vídeos con entrevistas a artistas contemporáneos relacionados con los procesos y métodos artísticos y la organización *Art21* dedicada al arte del s. XXI.

1. Delphine Chapuis Schmitz. La artista francesa explica la evolución de su proceso creativo que empieza con el planteamiento del proyecto (análisis de un tema, una situación y de lo que va a incluir en la obra). El siguiente paso incluye el planteamiento del montaje de la obra (la observación enfocada al sitio específico). Este paso supone pasar tiempo en el sitio

físico (o digital, si se trata de una obra en línea) dónde se va a exponer la obra. A continuación, la artista realiza un proceso de selección de materiales necesarios para la creación (teóricos, como textos y enfoques, o físicos, como materiales, que va a usar en la realización de la obra).[102]

2. **Pablo Helguera**. El artista mexicano propone dos tipos de metodologías artísticas. El primer tipo es la metodología intuitiva donde el artista encuentra un tema al azar que provoca un sentimiento específico en el autor y que se convierte en la base de su producción artística. El segundo tipo de la metodología es un enfoque metódico que implica la investigación artística. Su desarrollo consiste en entender el contexto/problema dado, adquirir el conocimiento sobre él y realizar una actividad o producir una obra que proporcione una reflexión/solución en torno a este contexto/problema.[103] Helguera describe su metodología personal de trabajo como un enfoque metódico.

3. **Julieta Aranda**. La artista mexicana describe cómo la parte crucial de su metodología de trabajo es la recopilación de información. Este proceso supone tomar notas, proponer preguntas y temas que le parecen interesantes, realizar bocetos, etc. El contacto diario con estos datos disponibles en su estudio facilita su análisis. Partiendo de la información disponible, surgen preguntas que la artista considera importantes y las convierte en proyectos artísticos. Aranda describe su proceso como una investigación sin rigurosidad.[104]

4. **Anthony Antonellis**. El artista estadounidense basa su metodología en lo inconsciente. Su inspiración proviene de experiencias diarias que se concretan en conceptos abstractos. Crea su obra uniendo estos conceptos abstractos, buscando un método que le ayudará a transmitir al público el contenido/ideas tratadas. La metodología no es algo visible durante la creación. Observando la forma en cómo se desarrolló el trabajo después de haberlo finalizado, se descubren todos los pasos del proceso aplicado.[105]

---

[102] Zurich University of the Arts (2016). *Delphine Chapuis Schmitz / METHOD*. Recuperado de: http://methodsofart.net/question.php?artist=schmitz&question=method&base=. (Consultado el 28.05.2018). "So for each new project there is there is this question, and I guess for me it´s kind of a method. To try to figure out first what are the given conditions, and second, what are the constraints... which way do I want to play with these conditions. And then which kind of material do I want to play with, and then which kind of shape … do I want to give to this material."

[103] Zurich University of the Arts (2015). *Pablo Helguera / METHOD*. Recuperado de: http://methodsofart.net/question.php?artist=helguera&question=method&base=. (Consultado el 28.05.2018). "I tend to follow the steps of a regular researcher, I'm trying to understand the context where I am, learn as much as I can from that context and see if any of it speaks to me and whether there is anything I can do to provoke reflection on it."

[104] Zurich University of the Arts (2015). *Julieta Aranda / METHOD*. Recuperado de: http://methodsofart.net/question.php?artist=aranda&question=method&base=. (Consultado el 28.05.2018). "It is some kind of a library and some kind of research, but it´s not rigorous research... I have to go through this ... magical information let´s say. Then the question comes or the desire, or whatever it is, comes and then that's when there is no consistency anymore and the methods go all over the place and something wants to be a video and something wants to be something else and then I just have to follow this one thing."

[105] Zurich University of the Arts (2014). *Anthony Antonellis / METHOD*. Recuperado de:

5. **Mischa Kuball**. El artista alemán empieza su trabajo con una investigación teórico/practica, enfocada en un sitio específico seleccionado. Adquiere la información sobre el lugar, realiza las fotografías, entrevista a las personas relacionadas de forma presencial o en línea. A partir de esta investigación, el artista se crea una idea sobre el proyecto. El último paso que da es la implementación procedimental que resulta de la concreción del proyecto. Kuball describe su metodología como espontánea, sin la necesidad de seguir reglas estrictas.[106]

6. **Mark Dion**. Parecido a Kuball, el artista estadounidense empieza su proceso creativo con la investigación teórico/practica de un tema específico. Realiza el correspondiente trabajo de campo, siempre fuera del estudio. Estudia la historia de un sitio específico seleccionado y de las personas vinculadas a él. El artista lee, escribe y realiza bocetos, apuntando los detalles que considera de interés. Basándose en estos datos obtenidos, busca una perspectiva nueva y específica sobre el tema a tratar. Dion describe su metodología como parecida a la metodología de los investigadores científicos (arqueólogos o biólogos en concreto), cuyos pasos sigue.[107]

Se puede observar que la mayoría de los artistas previamente analizados empiezan a realizar sus proyectos a partir de un estudio teórico que les sirve para analizar un tema específico, tomar notas, observar la realidad, etc. A partir de este proceso surgen las ideas que utilizan para implementar la obra que van a realizar. Seleccionan los materiales que van a utilizar y finalmente producen la obra. Una metodología artística así se desarrolla de forma diferente a la metodología utilizada por los estudiantes de Bellas Artes analizados por Cornock (1992). La propuesta gráfica de la figura 28 compara estas dos formas de trabajar en el ámbito artístico. El gráfico muestra las posibilidades de desarrollo de una metodología artística prestando particular atención a las actividades teóricas y prácticas. El caso de los artistas

http://methodsofart.net/question.php?artist=antonellis&question=method&base=. (Consultado el 28.05.2018). "Its' a slow accumulation even in my own work to arrive at something, very infrequently do I have a completely formed idea that I'm just producing, and you know, often it is that idea that never does come out, only that negative space around it gets defined as the work..."

[106] Zurich University of the Arts (2013). *Mischa Kuball / METHOD*. Recuperado de: http://methodsofart.net/question.php?artist=kuball&question=method&base=. (Consultado el 29.05.2018). "it has been found that these three steps: research, project idea and implementation, procedural implementation, that this is actually the basic framework with which I proceed… With regard to the media component I can say that we try to get a bigger, more complete and extensive image… we try to get an idea of the places where we work by taking photographs, examining footage, via internet research and also by talking to people on site. ... Which then is the basis for the decision, which idea might be effective."

[107] Sollins, S. & Ravich, N. (2008). *Mark Dion: Methodology*. Art21, Extended Play. Recuperado de: https://art21.org/watch/extended-play/mark-dion-methodology-short/. (Consultado el 25.05.2018). "I am not really very much a studio oriented person. I like to make stuff on site. And I begin poking around into the history of that place, I begin reading, I begin writing, I begin drawing, I begin looking at things like vernacular architecture, looking at the way people dress, visiting museums, say trying to insert myself into the kind of specific social history of the place... I am hired as a foreign troubleshooter who comes in to look with a new set of eyes, and a new set of categories."

entrevistados y analizados previamente, se muestran los seis pasos del proceso de creación artística en la fila inferior del gráfico.

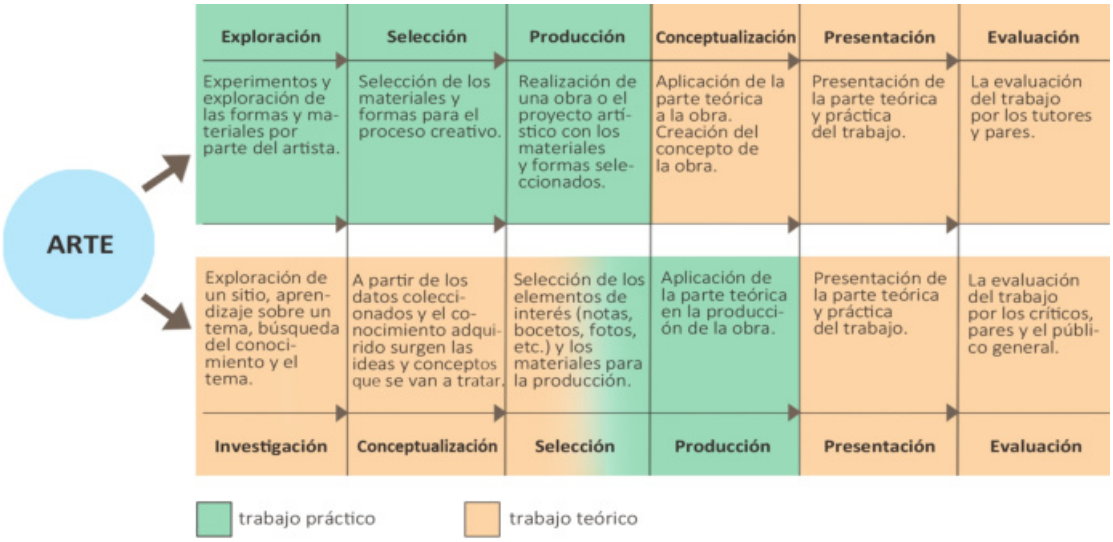


Figura 28. Metodologías de investigación artística. Fuente: Producción propia. Modelo integrador teórico/práctico basado en la propuesta de Cornock (1983) y otros artistas cuyos procesos creativos han sido analizados en el desarrollo de la tesis doctoral.

El primer paso incluye la investigación, la exploración de un tema o espacio, su análisis y la adquisición del conocimiento necesario para poder comprenderlo. El segundo paso utiliza todos los datos conseguidos en la primera fase y, en base a ellos, crea un concepto del proyecto o una idea sobre la obra. El tercer paso propone seleccionar los elementos y los materiales necesarios para la realización de la obra. Este paso se puede considerar como un paso práctico-teórico ya que puede incluir técnicas diferentes, desde el análisis de datos conseguidos, hasta la producción de los bocetos, fotos, etc. El cuarto paso es la parte práctica del proyecto donde se realiza la obra. Los dos últimos pasos son parecidos a la propuesta previa de Cornock e incluyen la presentación de la obra y su evaluación. Estas dos fases pueden ser comunes a todos los proyectos artísticos.

La metodología artística puede adoptar distintas variantes y la elección de una u otra dependerá de cada artista y del proyecto a ejecutar. Es difícil establecer un esquema único que se pueda aplicar a todos los proyectos seleccionados. Cada artista trabaja de una manera distinta, ajustada a sus necesidades personales y a las necesidades de su proyecto. El gráfico de la figura 28 muestra únicamente dos de las metodologías artísticas posibles, partiendo de los seis artistas citados y estableciendo una comparación con la metodología propuesta por Cornock (1992), extraída ésta de su propio estudio con los estudiantes de la Universidad *Leicester Polytechnic*. El gráfico deja un espacio abierto para más posibilidades

de desarrollo respecto a la metodología artística. Los puntos comunes entre las metodologías artísticas y científicas propuestos por los investigadores Carol Gray y Julian Malins y por la artista Martha Fleming, incluyen los términos "creación" y "metodología".

Gray y Malins (1993) proponen la similitud de los procesos del arte, el diseño, las ciencias naturales y sociales en base al concepto de "creación". Entre los factores y las actividades compartidas dentro del proceso creativo, los autores incluyen la inspiración inicial (que puede manifestarse a través de la creación de la hipótesis, o de la necesidad de crear), la recopilación de datos y la incubación de ideas, la definición de un problema, la realización del trabajo (a través de los modelos, bocetos, experimentos, o el desarrollo de la obra), la síntesis y la articulación de los elementos presentes en el proyecto, la presentación del resultado y las pruebas, la evaluación del proyecto, su revisión y, en su caso, su modificación.[108]

La artista Martha Fleming, por su parte, encuentra similitudes entre metodologías del arte y metodologías de la ciencia. En la presentación para la audio-revista *Audio Arts* del archivo de la *Tate Gallery*, *Joseph Beuys Lectures* (1996), la autora compara los conceptos de hipótesis (ciencia) y la intuición (arte), escribiendo que los dos términos representan ideas relativamente inconscientes. Fleming propone que tanto el arte como la ciencia son productos culturales iguales y que no hay diferencias entre ellos o entre sus actividades.[109]

[108] Gray, C. y Malins, J. (1993). *Research procedures/methodology for artists & designers*. Aberdeen, Scotland: Robert Gordon University. Pág. 8. "hypothesis / 'felt' need / urge to create / initial inspiration; collect data / information gathering / incubation / generation of ideas / reflection; definition of problem / selection / classification / analysis; development / models / sketches / experiments / field work; illumination / synthesis / articulation; refinement / economy / resolution / presentation; verification / testing / theory building / generalization; critical context / human response; revise hypothesis / improve artwork / alter concepts."

[109] Fleming, M. (1995). *Art and Science*. Joseph Beuys Lectures 1996, Audio Arts. Casette 1, Side A. Recuperado de http://www.tate.org.uk/audio-arts/supplements/joseph-beuys-lectures-1996-art-and-science. (Consultado el 25.05.2018). "Is the imperical proof of a successful lab experiment any more valid or useful than a confirmed intuition?"

2.3. El conocimiento y las relaciones del poder. Gestión estratégica de las organizaciones dedicadas a la investigación-creación: misión, visión y valores

Esta parte del proyecto está dedicada al rol del profesional (artista/científico), el clima organizacional y su posición dentro del ámbito laboral. En el primer lugar se analizará el concepto del ascenso profesional y el éxito en el ámbito científico y el artístico en relación con las nociones de lo colectivo/individual. En el segundo lugar, se analizará el desarrollo de las relaciones internas en los centros de trabajo, entre compañeros del mismo campo profesional. En tercer lugar, se tratarán las relaciones de los artistas y los científicos con el público general, desde el punto de vista de cómo éste comprende sus actividades y desde el punto de vista de cómo el arte y la ciencia comunican su trabajo al público. Seguidamente, se observará el papel que las emociones desempeñan en los dos ámbitos. En quinto lugar, el enfoque se pondrá en la forma en la que el arte y la ciencia valoran la tradición, los trabajos y los logros de sus antecesores. Y en sexto, se analizarán los productos del arte y de la ciencia y el impacto positivo y negativo de su comercialización. Por último, se atenderá al papel que tiene el factor de la edad en relación con la culminación de la vida laboral y el desarrollo profesional de los artistas y científicos.

2.3.1. Índices para medir los sistemas de calidad de las relaciones profesionales. Promoción y ascenso personal, encuentros interpersonales, discursos críticos y lenguaje no verbal

El papel que juega el éxito profesional en el arte y la ciencia mantiene en estrecha relación los conceptos de lo colectivo y lo individual. La forma en que los artistas y científicos desarrollan el trabajo habitualmente difiere. Las investigaciones científicas las realiza un equipo de profesionales que, juntos, llegan a conclusiones y descubrimientos, mientras que los artistas a menudo realizan su trabajo de forma individual. Sin embargo, hay descubrimientos que se atribuyen a científicos individuales, al tiempo que hay artistas que trabajan en colectivos artísticos o colaboran con profesionales de otros ámbitos.

Moravcsik (1974) observa el carácter colectivo de la ciencia en la forma de una estructura enorme de conocimientos científicos. Describe esta estructura como el resultado de las contribuciones individuales de cada uno de los miembros del grupo que, estrechamente unidos, forman juntos un todo. Siendo parte de un grupo, el científico tiene una posición protegida desde la que, incluso con una contribución modesta, sigue siendo un elemento de construcción de conocimiento. Los logros en ciencia están vinculados a las leyes de la naturaleza: hay logro en tanto que el experimento confirme (o no) la ley natural que se pretende establecer o reforzar (o refutar).

El arte es de carácter individual y su actividad consiste en una variedad de enfoques distintos. Los criterios de lo correcto/incorrecto establecidos en la ciencia aquí no tienen cabida, sino que cada artista establece estos criterios de forma personal. Los logros en el arte se miden según el gusto personal de los observadores y se determinan por los convenios sociales (figura 29).[110]



Figura 29. Índices para medir la promoción y el ascenso personal en las relaciones profesionales. Fuente: Producción propia. Representación gráfica basada en la propuesta de Moravcsik (1974).

2.3.2. Construcción identitaria y principios de actuación. Políticas, estatutos, códigos de buen gobierno y clima organizacional

Las relaciones internas en el arte y la ciencia, establecidas entre compañeros del mismo ámbito del estudio, también se pueden vincular a la dicotomía individual/colectivo. Si se tiene en cuenta el carácter colectivo de la ciencia, las relaciones entre personas son más complejas, ya que el trabajo se desarrolla en contacto entre varios individuos. Si excluimos el caso de los artistas que trabajan en colectivos o colaboran con profesionales de otras disciplinas, y nos enfocamos en aquellos que realizan su trabajo de forma solitaria, las relaciones internas suponen la forma en que los artistas perciben el producto final de su trabajo.

Gray y Malins (1993) escriben sobre el distinto nivel de dificultad existente en la evaluación de los resultados del trabajo científico y el artístico. Los resultados de la investigación científica, sujetos a leyes naturales generales, pueden ser evaluados (confirmados o denegados) con menos dificultad por otros científicos, a través de pruebas, experimentos, etc. Sin embargo, los resultados de la investigación artística son producto de las decisiones

[110] Moravcsik, M. (1974). Scientists and Artists: Motivations, Aspirations, Approaches and Accomplishments. *Leonardo, 7*(3), pp. 255-259. doi:10.2307/1572903. Pág. 256. "Thus a scientist, even of modest ability can generally take comfort in the fact that his accomplishments have in fact contributed to this edifice and therefore have earned him immortality in this sense. … Thus, accomplishments of artists tend to be remembered for what they are and not for what they lead to or contribute to and fame, and hence 'immortality', is determined by the tastes and conventions in a culture at a given period of time rather than by a 'superhuman' set of laws of nature that rule science."

personales del artista, lo que hace más difícil evaluarlos.[111]

El artista y científico David Goodsell describe su propia experiencia de la evaluación entre compañeros de disciplina comparando las conferencias de artistas y científicos. Mientras que los científicos tienden a ser más conflictivos evaluando el trabajo de sus compañeros, los artistas son más comprensivos.[112] Las interpretaciones personales, subjetivas, son más difíciles de criticar que los resultados generales que tienen expectativas más precisas (figura 30).



Figura 30. Construcción identitaria, principios de actuación en los encuentros interpersonales. Fuente: Producción propia. Representación gráfica basada en las observaciones de Gray y Malins (1993) y Goodsell (2017).

2.3.3. Transferencia del conocimiento: divulgación y difusión. Dispositivos para validar productos, servicios y procesos de creación-investigación

Al hablar de relaciones externas en el arte y la ciencia, nos referimos a las que ambos ámbitos guardan con el público general, que no pertenece a ninguno de ellos. Este tipo de relaciones se va a observar desde dos puntos de vista. El primero es el pensamiento crítico desarrollado por parte del público hacia el arte o la ciencia. El segundo punto de vista observa las formas de difusión y divulgación que el arte y la ciencia utilizan para comunicar sus ideas y conocimientos al público.

1. Argumentación y pensamiento crítico

Por lo que respecta a la crítica del público hacia el trabajo artístico y científico, de nuevo se observa el vínculo con la dicotomía individual/colectivo. Mientras que los científicos, al

[111] Gray, C. y Malins, J. (1993). *Research procedures/methodology for artists & designers*. Aberdeen, Scotland: Robert Gordon University. Pág. 9. "Confirmation may come from others working in the same 'ism' or 'group', which may reinforce the value of the practice and theory, or may cause the conclusions to be refuted. The work can be exposed to critical examination or testing, rechecking and refining. This process may be cyclical in which conclusions generate debate, which motivate others to act, which in turn generates new or different conclusions."

[112] Miller, M.K. (sin fecha). *Drawing Conclusions. Art and Science combine to image what cannot be seen*. Traits of Life, Exploratorium. Recuperado de: http://www.exploratorium.edu/traits/goodsell.html. (Consultado el 21.10.2017). "Everyone is questioning your results, which is the way science works. If your results don't make it, there was something wrong. When I go to artistic conferences, everyone is walking in with their approach to the subject and they tend to be much more supportive. There isn't as much questioning because it's more of a personal interpretation of what you're doing."

realizar sus trabajos en grupo, no sufren críticas a nivel individual, los artistas, al ejercer individualmente, quedan directamente expuestos a la opinión pública.

Lévy-Leblond (2004) compara las posiciones del arte y la ciencia dentro de la sociedad describiendo la posición colectiva de los científicos pertenecientes a un equipo dentro de una institución (les atribuye la primera persona plural), y la posición individual de los artistas que toman el riesgo personal y están expuestos personalmente a la crítica (les atribuye la primera persona singular).[113] La crítica dirigida a los resultados del trabajo de artistas y científicos puede ser interna o externa. Lévy-Leblond indica que la crítica más frecuente al trabajo científico proviene de las relaciones internas, es decir de los propios compañeros de trabajo, mientras que los resultados de la creación artística están expuestos a la crítica externa, al público general. En el caso de la crítica al trabajo artístico, se trata más bien de un análisis de la obra y su significado.

El filósofo estadounidense Thomas Kuhn observa la relación del público general con el arte y la ciencia en el libro *The Essential Tension* (1977). La respuesta del público es importante para los dos ámbitos en el sentido de que el público es el consumidor de las obras de arte y de los productos tecnológicos de la ciencia. Sin embargo, el autor propone que los seguidores del arte, aunque no pertenecen al campo artístico, admiran y visitan las exposiciones y otros eventos artísticos. En cambio, para el público general resulta más difícil entender el trabajo científico si no tiene ningún vínculo con la ciencia, por lo cual no existen seguidores de la investigación científica de la misma forma como de la artística.

2. Comunicación y democratización del conocimiento

En lo referente a la forma en la que el arte y la ciencia comunican sus ideas y conocimientos al público general, existen diferencias en el contenido y el modo como se divulgan. Éstas diferencias están basadas en las dicotomías subjetivo/objetivo y comprensible/ incomprensible (figura 31).

Moravcsik (1974) establece diferencias entre el arte y la ciencia por lo que respecta al contenido que desean comunicar al público. Mientras que la ciencia transmite el conocimiento general y objetivo sobre el mundo físico que nos rodea, el artista transmite su visión personal, subjetiva. El autor propone que el arte tiene facilidad para comunicar las ideas de forma más cercana al público general en comparación con la ciencia. Aquellos

[113] Lévy-Leblond, J.-M. (2004). Science and the world, art and the ego. *RTD Info. Magazine for European Research*. Special Edition: Art&Science, March 2004, pp. 5-7. Published by Information and Communication Unit of European Commission´s Research DG. Pág. 5. "The scientist is part of a powerful institution – in most cases publicly owned– which pays him. He belongs to a team and is part of a collective effort. The artist works alone, with a much higher degree of personal risk. His personality and subjectivity are truly committed and non-recognition and failure can prove very painful. A scientist too can confront career difficulties, but he is protected by the group to which he belongs."

individuos que carecen de habilidades artísticas aún pueden sentirse atraídos por las obras de arte, interpretándolas desde su propio punto de vista. En el caso de la ciencia, sin tener un conocimiento previo, es difícil que un individuo pueda entender el trabajo desarrollado durante una investigación científica.[114]



Figura 31. Difusión y divulgación del conocimiento. Estrategias para comunicar y democratizar el conocimiento. Fuente: Producción propia. Basado en las observaciones de Lévy-Leblond (2004), Kuhn (1977), Moravcsik (1974) y Heeb (2018).

2.3.4. Sociología de las emociones. Lo personal, lo laboral y el entorno

Respecto al papel de las emociones presentes en el arte y en la ciencia, podemos considerar dos aspectos. Por un lado, representan una expresión personal o una reacción subjetiva, y como tales se conciben como algo que se transmite a través del trabajo artístico. Por otro lado, si la emoción se comprende como un sentimiento provocado por una situación concreta o por las personas implicadas, y depende así de las relaciones internas y externas entre los individuos, entonces se puede contar con las emociones no ya solo con el ámbito del arte, sino también con el científico.

Ewan Birney, biólogo computacional, escribe sobre la presencia de las emociones en el campo de la ciencia en el artículo *Scientists and their emotions: the highs ... and the lows* (2013). El autor observa este tema a través del trabajo de la oceanógrafa Helen Czerski, el químico inorgánico Andrea Sella y la neurocientífica Sarah-Jayne Blakemore. Propone que la presencia de las emociones en la ciencia se pueden clasificar en tres niveles distintos:

1. **Emociones a nivel social.** Provienen de las relaciones internas entre pares. Birney observa que a menudo existen desacuerdos entre compañeros de equipo que pueden generar emociones negativas. Sin embargo, el trabajo exitoso de un equipo proporciona con frecuencia emociones positivas.

[114] Moravcsik, M. (1974). Scientists and Artists: Motivations, Aspirations, Approaches and Accomplishments. *Leonardo, 7*(3), pp. 255-259. doi:10.2307/1572903. Pág. 259. "It is much easier to attain amateur level in the traditional arts than in the sciences, where knowledge is much more structured and formal technical expertise has been much more crucial. Thus science, on the whole, remains a closed activity of its high priests, while art has spilled out more widely and covered, even though thinly, a quite large fraction of the human race."

2. **Emociones a nivel laboral.** Están vinculadas al desarrollo positivo o negativo del trabajo. La oceanógrafa del *Institute of Sound and Vibration Research* de la *University of Southampton* (Reino Unido), Helen Czerski, analiza la relación entre las emociones y la búsqueda de subvenciones para el desarrollo de proyectos de investigación y difusión de los resultados.
3. **Emociones a nivel personal**. Hacen referencia a la satisfacción producida por un desarrollo positivo del trabajo, o bien, al malestar derivado de un desarrollo negativo. Birney analiza este tipo de emociones en el caso concreto de los experimentos de larga duración, en los que los resultados provocan emociones fuertes en los científicos que lo desarrollan. Andrea Sella, profesor de Materiales y Química Inorgánica del *University College London* (Reino Unido), describe la excitación generada por un descubrimiento que provoca preguntas y abre nuevos temas de investigación. Aunque en la mayoría de los casos se trata de descubrimientos pequeños que no cambian la dirección de una investigación, la emoción y la excitación están presentes. La profesora de Neurociencia Cognitiva del *University College London* e investigadora universitaria de la *Royal Society* (Reino Unido), Sarah-Jayne Blakemore, describe la presencia de emociones fuertes que se experimentan al descubrir nuevos campos de estudio durante la investigación.

Estos tres niveles de la presencia de las emociones en el desarrollo del trabajo científico se pueden aplicar también al arte. Los artistas pueden sentirse afectados por las relaciones entre pares o por la crítica del público; por la aceptación o rechazo de sus proyectos en concursos y premios artísticos; o por los descubrimientos de nuevos temas o técnicas que puedan utilizar en el desarrollo de otras obras y proyectos (figura 32).

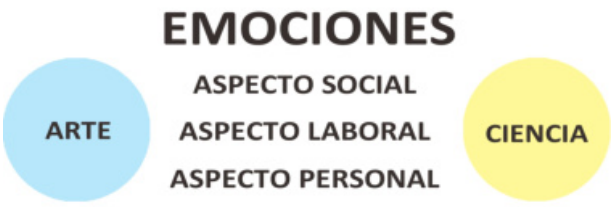


Figura 32. Procesos identitarios de las emociones nivel social, laboral y personal. Fuente: Producción propia. Propuesta basada en las observaciones de Birney (2013).. Basado en las observaciones de Birney (2013). Fuente: Producción propia.

2.3.5. Problematización de las prácticas profesionales arte-ciencia y las relaciones participativas preexistentes

Tanto el arte como la ciencia tienen una larga tradición. Las investigaciones actuales de la ciencia han partido de los conocimientos obtenidos de los descubrimientos del pasado. Las obras de arte pueden utilizar las obras y la experiencia de los antiguos maestros como punto de referencia. Los dos ámbitos progresan a partir de lo anteriormente hecho. Sin embargo,

la posición de la tradición es distinta en el arte que en la ciencia por lo que se refiere a la valoración de los logros del pasado.

Kuhn (1977) observa que la tradición es uno de los puntos de diferencia entre el arte y la ciencia. Las respuestas de los dos campos de conocimiento a los logros del pasado de sus disciplinas son distintas. La ciencia parte en su trabajo de los conocimientos anteriormente adquiridos y, basados en ellos, desarrolla su trabajo actual. Sin embargo, esto es compatible con el hecho de que los avances de la investigación científica muchas veces prueben y refuten teorías o conclusiones antiguas. La tradición artística, por el contrario, no se puede refutar, sino que mantiene su valor a lo largo del tiempo. Las actividades artísticas pasadas siguen sirviendo para los artistas como puntos de referencia en la producción artística, o formando aún parte del gusto público.[115]

2.3.6. Consumo y mercantilización. Análisis de riesgos y contradicciones

El aspecto de la comercialización genera un vínculo entre el arte y la ciencia dentro del entorno social. Éste es un ámbito inevitable para los dos ámbitos de conocimiento y puede tener un efecto positivo o negativo en el desarrollo de sus actividades. Lévy-Leblond (2004) observa la globalización del mercado y su impacto en los diferentes sectores de la vida humana. El aspecto comercial de la ciencia se pone de manifiesto en la adquisición que las grandes empresas realizan de conocimientos y trabajos de índole científica. Por lo que respecta al arte, Lévy-Leblond destaca el potencial de un mercado poderoso que forma parte creciente e importante de la sociedad.[116]

El profesor de la Facultad de Artes y Ciencias Sociales de la Universidad Sabanci en Estambul (Turquía), Gürol Irzik, escribe sobre los puntos positivos y negativos de la comercialización de las ciencias académicas en el artículo *Introduction: Commercialization of Academic Science and a New Agenda for Science Education* (2013).

1. Ventajas. La comercialización impacta en tres grupos de beneficiarios. En primer lugar, estimula la innovación y fomenta las relaciones entre la universidad y la industria. En segundo lugar, el personal científico, tanto a nivel individual como a nivel de grupos de

[115] Kuhn, T.S. (1977). *The Essential Tension. Selected Studies in Scientific Tradition and Change*. Chicago, USA: University of Chicago Press. Pág. 345. "Though contemporaries address them with an altered sensibility, the past products or artistic activity are still vital parts of the artistic scene. Picasso´s success has not relegated Rembrandt ´s paintings to the storage vaults of art museums. … Science textbooks are studded with the names and sometimes with portraits of old heroes, but only historians read old scientific works. In science new breakthrough do initiate the removal of suddenly outdated books and journals from their active position in a science library to the desuetude of a general depository… Unlike art, science destroys its past."

[116] Lévy-Leblond, J.-M. (2004). Science and the World, Art and the Ego. (marzo, 2004). RTD Info. Magazine for European Research. Special Edition: Art&Science, March 2004. pp. 5-7. Pág. 6. "In any event, we can point to the increasing merchandising of both science - major companies buying and selling know-how and applying the criterion of profitability to scientific discoveries - and art, where the market potential is particularly powerful."

investigación, tiene una mayor oportunidad de ver financiada su investigación si su campo de estudio se encuentra dentro de las redes adecuadas de comercialización. Por último, las empresas privadas tienen la posibilidad de capitalizar los descubrimientos invirtiendo en investigación y aumentando así sus beneficios.

2. Desventajas. La comercialización puede disminuir el valor de una investigación científica en favor de intereses comerciales. Irzik analiza los casos de la biomedicina, la genética y la farmacología, los ámbitos que se han visto perjudicados por ciertos efectos producidos por la comercialización. Como consecuencia de la gestión de las patentes, esta mercantilización puede dificultar el acceso a ciertos trabajos de investigación precedentes, ralentizando así el progreso científico y aumentando sus costes. Las empresas que patrocinan la investigación universitaria en ocasiones causan conflictos de interés y falta de objetividad en lo referido a la evaluación de propuestas de investigación. En ocasiones, la comercialización de la ciencia crea desigualdad entre los científicos en lo referente al éxito comercial, salario, personal de apoyo y docencia. Por otro lado, además, la motivación para investigar se convierte, en algunos casos, en una motivación relacionada con la recompensa monetaria, y no con el fomento de los proyectos de investigación de propósito general.

El diseñador gráfico Valentín Muñoz Flores y la comerciante Elena Medina examinan la comercialización de arte en México en el artículo *La Comercialización de Artesanías, Piezas de Arte y Patrimonio Cultural en México* (2013). Los autores realizaron entrevistas a tres profesionales del mundo del arte buscando respuesta a los efectos que la comercialización tuvo sobre sus áreas de trabajo: el director del Consejo para la Cultura y las Artes – CONARTE en Nuevo León (México), Katzir Meza Medina, el catedrático y artista plástico Carlos García Salazar, y la artista visual Lorena Rodríguez Ayala.

Katzir Meza Medina valora la comercialización de las obras de arte como un fenómeno positivo que "… alienta el mecenazgo, favorece la expectativa de la creación, materializa el esfuerzo, marca tendencias de mercado, ... genera economía y privilegia el arte como un elemento de creación que se consolida con un fenómeno mercantil".[117]

Carlos García Salazar destaca el desequilibrio existente en la comercialización entre las artes tradicionales y el arte contemporáneo. Mientras que el arte decorativo, tradicional, resulta fácilmente vendible en tanto objeto, y no en tanto obra de arte, el arte contemporáneo es mucho más difícil de comercializar.

[117] Muñoz Flores, V., Medina, E. (2013). La Comercialización de Artesanías, Piezas de Arte y Patrimonio Cultural en México. *Daena: International Journal of Good Conscience*, 8(1), pp. 44-54, Marzo 2013. Recuperado de: http://www.spentamexico.org/v8-n1/A5.8(1)44-54.pdf. (Consultado el 21.02.2020). Pág. 47-48.

Lorena Rodríguez Ayala estudia los cambios producidos en el desarrollo de la creación artística, resultantes de la comercialización en torno al arte contemporáneo. Con el crecimiento de los precios de las obras de arte, muchos talleres contratan asistentes para la producción de sus piezas, mientras que la labor del artista se centra en el diseño y la supervisión del proceso productivo de sus proyectos.[118]

2.3.7. Diseño intergeneracional de la vida laboral. Elementos predictivos y fases de madurez del individuo

La edad productiva se refiere a la culminación de la carrera profesional de científicos y artistas. Es un aspecto que opera de forma diferente en cada una de las dos áreas.

Moravcsik (1974) hace mención a que, dentro del campo científico, las contribuciones más importantes de los individuos suelen producirse en una etapa temprana de su vida, en torno a la veintena o primera treintena de años. En contraste, la mayoría de los artistas alcanzan sus mayores logros con la madurez. Es el momento en el que su trabajo gana peso e importancia. El autor explica esta diferencia de la evaluación del papel de la experiencia en los dos ámbitos. Mientras que en el ámbito de la ciencia ésta no juega un papel particularmente significativo como garantía de éxito, en el caso de un artista productivo sí que se valora su experiencia y su trabajo previo.[119]

[118] Muñoz Flores, V., Medina, E. (2013). La Comercialización de Artesanías, Piezas de Arte y Patrimonio Cultural en México. *Daena: International Journal of Good Conscience*, 8(1), pp. 44-54, Marzo 2013. Recuperado de: http://www.spentamexico.org/v8-n1/A5.8(1)44-54.pdf. (Consultado el 21.02.2020). Pág. 49.50. "… esto ha hecho posible que las galerías que los manejen tengan stocks mayores de piezas y algunas de ellas trabajan de la mano con el artista en estrategias para levantar los precios, como pujar en las subastas y/o manipular a los coleccionistas, convenciéndolos que esas obras valdrán mucho más en corto tiempo, esto ayudado por el marketing y el gran cambio en las comunicaciones, la televisión, el Internet y las redes sociales, que han ayudado a que la información esté al alcance de todos y pueda también ser manipulada a manera de campaña publicitaria."

[119] Moravcsik, M. (1974). Scientists and Artists: Motivations, Aspirations, Approaches and Accomplishments. *Leonardo, 7*(3), pp. 255-259. doi:10.2307/1572903. Pág. 258. "In the sciences, experience does not rank as high in the qualifications of a successful researcher as it does in the background of a productive artist. Somehow more of scientific creativity stems from innate talent, ability and imagination."

PARTE 2

MODELOS DE INTERACCIÓN DISCIPLINARIA. CLASIFICACIÓN, TERMINOLOGÍA Y DESAFÍOS

La segunda parte de este proyecto problematiza la complejidad para definir las relaciones que se desarrollan entre distintas disciplinas y la forma de gestionar su interacción. Propone un sistema de conocimiento híbrido y muestra los desafíos y ventajas que el pensamiento sistémico aporta a la aplicación de estos modelos de clasificación. Esta parte incluye dos capítulos.

El tercer capítulo estudia la terminología vinculada a la clasificación y descripción de la relación que existe entre distintas disciplinas académicas. Analiza los prefijos *anti-*, *co-*, *cros-*, *inter-*, *intra-*, *meta-*, *mono-*, *multi-*, *no-*, pluri-*, poli-*, *post-*, *pre-*, *trans-* que describen esta interacción. Señala la "postdisciplinariedad" como un término integrador de los modelos descritos anteriormente. La clasificación propuesta surge de las descripciones realizadas por profesionales de instituciones académicas y de centros de investigación.

El cuarto capítulo examina lo que define el pensamiento sistémico y la complejidad. Señala las ventajas y desafíos que este planteamiento propone. El análisis de la interacción disciplinaria que se propone en este contexto se basa en las propuestas de diferentes teóricos y artistas.

Capítulo 3

Sistemas de conocimiento híbrido. Visión postmoderna de la relación arte-ciencia

El tercer capítulo de este proyecto está dedicado al problema de la terminología aplicada a la descripción de las relaciones entre disciplinas. Se describen los modelos de interacción que cada una de ellas propone y se exponen modelos de clasificación alternativos al desafío complejo que su ordenamiento muestra. Utiliza el pensamiento sistémico para mejorar la comprensión de esta situación.

La primera parte de este capítulo recopila la terminología empleada en la descripción de las relaciones que existen entre disciplinas. Analiza los prefijos que las describen y definen: *anti-*, *co-*, *cros-*, *inter-*, *intra-*, *meta-*, *mono-*, *multi-*, *no-*, pluri-, *poli-*, *post-*, *pre-*, *trans-*. Realiza un análisis comparativo entre ellos teniendo en cuenta las propuestas que profesores e investigadores interesados en el tema proponen.

La segunda parte analiza el prefijo *post-* y el término que propone, postdisciplinariedad. La postdisciplinariedad agrupa todos los modelos de interacción disciplinaria analizados. Propone la creación de un espacio de conocimiento híbrido donde analizar y comparar la interacción disciplinaria desde una crítica integradora.

La tercera parte de este capítulo describe un marco epistemológico que sirve para clasificar las relaciones inter-disciplinres teniendo en cuenta la complejidad de lo que plantean. La clasificación engloba todos los términos analizados y los reúne en cuatro grupos: predisciplinar, disciplinar, post-/no-disciplinar y antidisciplinar.

3.1. *Anti-, co-, cros-, inter-, intra-, meta-, mono-, multi-, no-,* pluri-*, poli-, trans-*. Terminología descriptiva y análisis comparativo de las interacciones disciplinarias

Los trabajos colaborativos llevados a cabo entre expertos provenientes de ámbitos de estudio distintos suponen un tipo u otro de interacción en base a la clase de colaboración que vaya a tener lugar y a las necesidades de la investigación propiamente dicha. En algunos casos, los profesionales trabajan por separado, cada uno en el área que le es propia, aportando su conocimiento teórico y práctico a la parte del trabajo común. En otros casos, es necesario que los profesionales interactúen más, entrando en las áreas de trabajo de los compañeros de equipo, trabajando estrechamente con ellos y adquiriendo el conocimiento teórico y práctico de estos últimos.

Existen diferentes términos que se utilizan para describir los trabajos colaborativos y la interacción entre dos o más disciplinas. Con el fin de especificar la forma en la que los colaboradores procedentes de disciplinas diferentes interactúan y la profundidad con que entran en otros campos de estudio implicados, se aplican los prefijos *anti-*, *co-*, *cros-*, *inter-*, *intra-*, *meta-*, *mono-*, *multi-*, *no-*, pluri-*, poli-*, *trans-*. Observando las descripciones de los tipos disciplinarios, se percibe un problema en lo que respecta a la terminología aplicada. No existen definiciones claramente estandarizadas y a menudo existe dificultad para distinguir unas de otras o para definir en qué medida se superponen las disciplinas entre sí durante el desarrollo de los proyectos.

El análisis de los tipos disciplinarios se ha realizado partiendo de las clasificaciones propuestas por diferentes profesores e investigadores: el profesor e investigador René Pedroza Flores (Universidad Autónoma del Estado de México), el investigador y músico Alexander Refsum Jensenius (*University of Oslo*, Noruega), el filósofo y sociólogo francés, Edgar Morin, el profesor e investigador Arne Collen (*Saybrook University*, EE.UU), el profesor Peter van den Besselaar (*Vrije Universiteit Amsterdam*, Holanda), el profesor e investigador Gaston Heimeriks (*Utrecht University*, Holanda), el profesor Paul Stock (*University of Otago*, Nueva Zelanda), el investigador Rob J.F. Burton (*Centre for Rural Research*, Noruega), el profesor Roderick J. Lawrence (*University of Geneva*, Suiza) y el profesor Joichi Ito (*Massachusetts Institute of Technology*, EE.UU).

En el artículo *La interdisciplinariedad en la universidad* (2006), el profesor e investigador del Centro de Estudios de la Universidad Autónoma del Estado de México, René Pedroza Flores, propone una clasificación compuesta por seis tipos disciplinarios. Su propuesta está basada

en diferentes agrupaciones disciplinarias sugeridas por científicos y filósofos e implica la medida en la que se relacionan las disciplinas entre sí[120] (figura 33).

1. Multidisciplinariedad. Se define como una yuxtaposición de disciplinas diferentes donde no se especifican las relaciones entre ellas. Se trata de un mero agrupamiento de disciplinas distintas, tales como la historia, las matemáticas, la biología, la literatura, etc.

2. Pluridisciplinariedad. Se define como una yuxtaposición de disciplinas diferentes que pertenecen al mismo ámbito del conocimiento. Cada una de ellas colabora con las otras partiendo de su propio dominio. Este tipo de colaboración se puede desarrollar entre el arte y la antropología que pertenecen al ámbito de las humanidades, o entre la biología y la química, que pertenecen al ámbito de las ciencias.

3. Crosdisciplinariedad. Se define como la interacción disciplinaria donde una sola disciplina no es suficiente para resolver el problema tratado y se requiere la colaboración de otras disciplinas. El prefijo *cros-* supone que las disciplinas cruzan sus conocimientos, métodos e ideas para resolver un problema específico. Pedroza Flores explica el caso de la historia de la ciencia argumentando que aplica métodos de humanidades y ciencias sociales para la realización de su cometido.

4. Interdisciplinariedad. Se define como la interacción disciplinaria realizada entre las personas formadas en áreas de estudio distintos, que pueden aportar sus propios métodos, conceptos y conocimientos al trabajo común. El trabajo interdisciplinario se puede desarrollar a través de la simple comunicación de ideas, o puede implicar la integración de conceptos, epistemologías, terminologías, metodologías, procesos y organizaciones del trabajo.

5. Transdisciplinariedad. Se define como la coordinación de todas las disciplinas que forman parte del sistema de la enseñanza e innovación. Implica la creación de un esquema epistemológico.

6. Codisciplinariedad. Se define como un conjunto de concepciones que facilitan la unión de los conocimientos de las disciplinas implicadas. En su unión, cada una de las disciplinas mantiene su originalidad.

[120] Pedroza Flores, R. (2006). La interdisciplinariedad en la universidad. *Tiempo de Educar [online]. Vol. 7*, Nº 13, enero-junio, 2006, pp. 69-98. Recuperado de http://www.redalyc.org/pdf/311/31171304.pdf. (Consultado el 6.10.2015). Pág. 79. "Diferentes acepciones se han planteado, por científicos y filósofos, para nombrar a la agrupación de las parcelas del conocimiento, en cada una se define la profundidad de la relación que mantienen las disciplinas entre sí..."

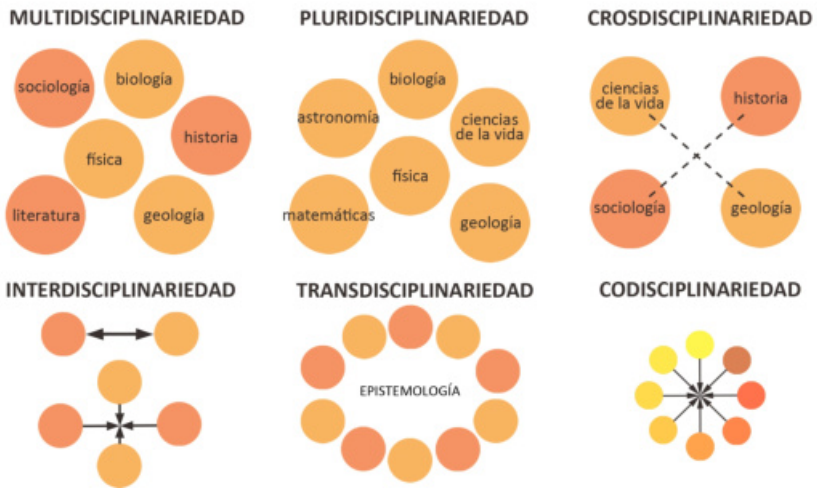


Figura 33. Clasificación de tipologías de interacción disciplinaria propuesta por Pedroza Flores (2015). Incluye los prefijos *multi-*, *pluri-*, *cros-*, *inter-*, *trans-* y *co-*. Fuente: Producción propia.

El investigador y músico, jefe del Departamento de Musicología de la Universidad de Oslo (Noruega), Alexander Refsum Jensenius, propone una clasificación en cinco tipos disciplinarios en el texto *Disciplinarities: intra, cros, multi, inter, trans* (2012). El autor parte de la propuesta visual del académico estadounidense-canadiense Earl F. Ziegler, publicada en el artículo *Don't Forget the Profession When Choosing a Name!*[121] (1990), que incluía las relaciones entre disciplinas hablando de multidisciplinariedad, crosdisciplinariedad e interdisciplinariedad (figura 34). Los círculos marcados por las letras A, B, C, D, E y F en la propuesta de Zeigler representan diferentes campos de la interacción. El autor representa la multidisciplinariedad como la forma de interacción más simple, en la que las disciplinas interactúan sin superponerse. La superposición de las disciplinas sí está presente en la representación de la crosdisciplinariedad, donde los diferentes campos de estudio se entrelazan entre sí. En la representación de la interdisciplinariedad, las disciplinas se superponen en su grado máximo, construyendo un complejo espacio de trabajo en el que conocimientos, métodos e ideas se encuentran unidos entre sí. Jensenius (2012) extiende el esquema de Zeigler añadiendo las categorías de intradiscipliariedad y transdiciplinariedad. Su clasificación parte de la más simple, la intradisciplinariedad, donde no existe ningún tipo de interacción disciplinaria, hasta la más compleja, la transdiciplinariedad, con un nivel máximo de interacción y superposición de disciplinas (figura 35).

[121] Zeigler, Earle F. (1989). Don't forget the profession when choosing a name! *Academy Papers 23*: 69. National Academy of Kinesiology, pp. 67-77.

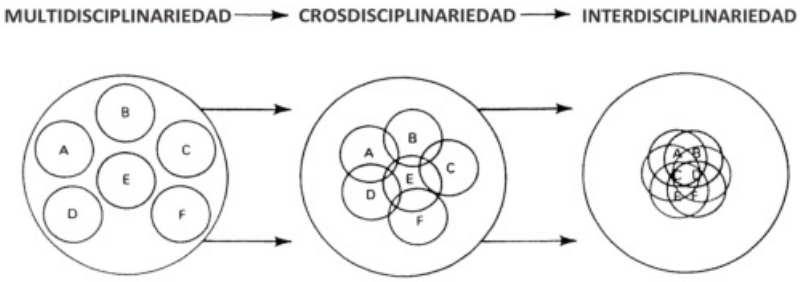


Figura 34. Clasificación de tipologías de interacción disciplinaria propuesta por Zeigler (1989). Incluye los prefijos *multi-*, *cros-* e *inter-*. Fuente: Earle F. Zeigler (1989). Don't forget the profession when choosing a name! *Academy Papers 23*: 69. National Academy of Kinesiology, pp. 67-77. Pág. 69

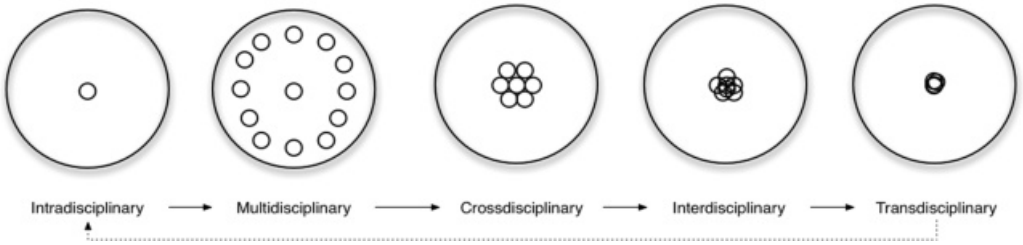


Figura 35. Clasificación de tipologías de interacción disciplinaria propuesta por Jensenius (2012). Incluye los prefijos *intra-*, *multi-*, *cros-*, *inter-* y *trans-*. Fuente: www.arj.no.

1. Intradiscipliariedad. Implica el desarrollo del trabajo dentro del ámbito de una única disciplina. No existe, en este caso, contacto con otras disciplinas.

2. Crosdisciplinariedad. Supone la observación de una disciplina desde la perspectiva de otra.

3. Multidisciplinariedad. Se refiere a la colaboración entre profesionales de distintos ámbitos que trabajan en un único problema, cada uno realizando las actividades en su propio área del conocimiento. Este tipo de trabajo se puede describir como una colaboración complementaria, donde cada colaborador realiza una parte del trabajo (Hara, Solomon, Kim y Sonnenwald, 2003).

4. Interdisciplinaridad. Implica un paso más allá, en el que los conocimientos y los métodos de diferentes disciplinas se integran en un determinado grado. Este tipo de trabajo se puede describir como colaboración integrativa, donde los colaboradores realizan el trabajo de forma compartida (Hara, Solomon, Kim y Sonnenwald, 2003).

5. Transdisciplinariedad. Se describe como la interacción disciplinaria más compleja y en la que se unen las perspectivas de todas las disciplinas involucradas en una tarea.

En el artículo *Sobre la interdisciplinariedad* (1997), el filósofo francés Edgar Morin observa que los términos utilizados para la descripción de las interacciones disciplinarias no se encuentran claramente definidos. El autor propone tres tipos de relación entre disciplinas (figura 36).

1. Interdisciplinariedad. Morin la define de dos formas, en una línea parecida a la propuesta de Pedroza Flores (2006). Por un lado, se trata de la interacción entre disciplinas diferentes, donde cada una de ellas mantiene sus propios conceptos y métodos en relación con las otras. Por otro lado, la interacción disciplinaria puede implicar el intercambio y la integración de sus conocimientos, métodos e ideas.
2. Polidisciplinariedad. Se define como una asociación de disciplinas que trabajan en un problema común. Cada una de éstas dispone de una técnica especializada que puede ayudar en la solución del problema tratado. Todas las disciplinas interactúan entre sí, formulando un objetivo mutuo y trabajando juntas para alcanzarlo.
3. Transdiciplinariedad. Implica ciertos esquemas cognitivos que atraviesan las disciplinas. En este caso se trata de una integración más compleja de los conocimientos.



Figura 36. Clasificación de tipologías de interacción disciplinaria propuesta por Morin (1997). Incluye los prefijos *inter-*, *poli-* y *trans-*. Fuente: Producción propia.

El profesor e investigador de la *Saybrook University* en Oakland (EE.UU), Arne Collen, sostiene que los tipos disciplinarios se pueden manifestar de forma singular, de forma múltiple, de forma interrelacional y en forma de búsqueda de ruptura de los límites disciplinarios. En el texto *Disciplinarity in the Persuit of Knowledge* (2002), Collen propone cinco tipos de interacción disciplinaria (figura 37).

1. Monodisciplinariedad. La describe como la fase inicial de la búsqueda del conocimiento fragmentado que utiliza estrategias asociadas con su dominio. Collen destaca la importancia de la monodisciplinariedad como la base para el desarrollo de las interacciones disciplinarias.[122]

[122] Collen, A. (2002). Disciplinarity in the Persuit of Knowledge. En: G. Minati and E. Pessa (Eds.) *Emergence in Complex, Cognitive, Social, and Biological Systems*. pp.285-296. New York, USA: Kluwer Academic/Plenum Publishers. Pág. 288. ".In the pursuit of knowledge of a relatively sparsely explored domain, this initial phase makes a great deal of sense, for without the establishment of the various disciplines, there is little reason to

2. **Multidisciplinariedad**. Representa el siguiente paso de la monodisciplinariedad e implica la colaboración entre los expertos procedentes de las distintas disciplinas que trabajan en un mismo tema. Las contribuciones de todos los expertos son visibles y el resultado es el conocimiento compuesto por las perspectivas individuales, sin integrarse en un enfoque holístico.
3. **Interdisciplinariedad**. Implica el intercambio de conocimiento entre los expertos de disciplinas distintas que trabajan sobre un tema común. Las diferencias de enfoque y la diversidad de la especialización se valoran como los elementos más importantes en pro de crear un conocimiento integrado. Un ejemplo de esta integración de conocimientos es la creación de aquellos campos de estudio compuestos por dos disciplinas, tales como la astrofísica, la bioquímica, la sociobiología, etc.
4. **Transdisciplinariedad**. Implica compartir un lenguaje, una metodología y un conocimiento. El objetivo es lograr la sistematicidad y la complejidad del enfoque, más que centrar la atención en las diferencias entre las disciplinas empleadas y sus posibilidades. A pesar de implicar una interacción más avanzada entre las disciplinas, la transdiciplinariedad mantiene aún la autonomía de las disciplinas individuales.
5. **Metadisciplinariedad**. Supone la desaparición de los límites disciplinarios y su integración en una monodisciplinaridad superior. El valor de las disciplinas está en su posibilidad de funcionar integradas, de forma colectiva y colaborativa, con la búsqueda del conocimiento como fin en sí mismo.

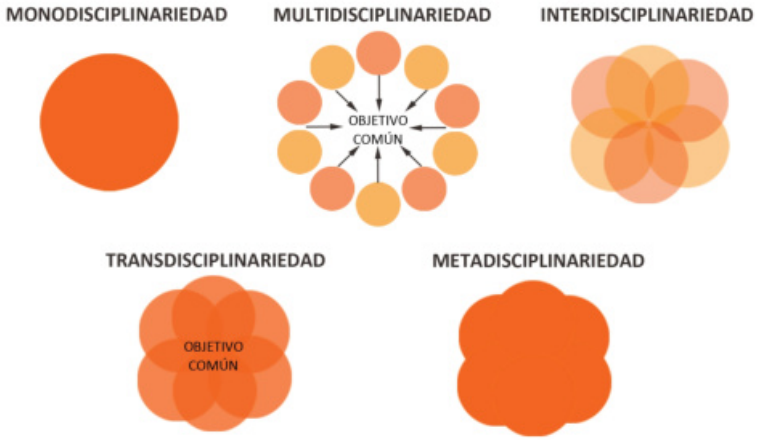


Figura 37. Clasificación de tipologías de interacción disciplinaria propuesta por Collen (2002). Incluye los prefijos *mono-*, *multi-*, *inter-*, *trans-* y *meta-*. Fuente: Producción propia.

Collen propone una representación gráfica en la que se muestra la relación entre los cinco tipos disciplinarios y el objetivo o el tema tratado (figura 38). La figura tiene como objetivo

imagine the inquirer to have what is necessary to move toward more involved forms of disciplinarity."

demostrar que los tipos disciplinarios se pueden considerar como un único sistema conceptual donde el enfoque de cada uno de ellos se puede aplicar al estudio de un tema o un problema específico.

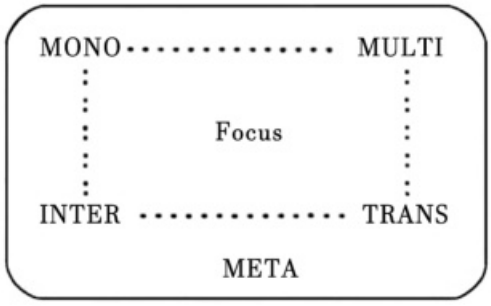


Figura 38. Metodologías relacionales de interacción disciplinaria propuesta por Arne Collen (2002). Incluye los conceptos de mono-, multi-, inter-, trans- y metadisciplinariedad. Realiza el estudio con respecto al objeto de investigación. Fuente: Arne Collen (2002). Disciplinarity in the Pursuit of Knowledge. En: Gianfranci Minati y Eliano Pessa (Eds.) *Emergence in Complex, Cognitive, Social, and Biological Systems*. Pág. 293

En el camino hacia el objetivo deseado, los colaboradores de disciplinas distintas tienen tendencia a avanzar desde la monodisciplinariedad hacia la multidisciplinariedad o hacia la interdisciplinariedad, para posteriormente continuar hasta la transdisciplinariedad. La metadisciplinariedad representa el último estado de la interacción disciplinaria que une las primeras cuatro formas. El progreso de la monodisciplinariedad hacia la metadisciplinariedad está representado en el esquema de la figura 39, donde el autor muestra las relaciones entre los cinco tipos disciplinarios. Cada uno de ellos se encuentra dentro de otro, más complejo, sin ser reemplazado por él, dejando a los investigadores la posibilidad de volver a formas más simples, mientras que siguen avanzando hacia un nivel superior. De este modo, los tipos disciplinarios mutan desde los más simples hacia los más complejos.

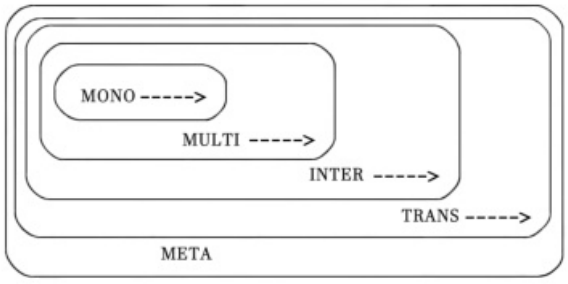


Figura 39. Metodologías relacionales de interacción disciplinaria propuesta por Arne Collen (2002). Incluye los conceptos de mon-, multi-, inter-, trans- y metadisciplinariedad. Realiza el estudio ordenando los tipos de acuerdo de su grado de complejidad. Fuente: Arne Collen (2002). Disciplinarity in the Pursuit of Knowledge. En: Gianfranco Minati y Eliano Pessa (Eds.) *Emergence in Complex, Cognitive, Social, and Biological Systems*. Pág. 294

El profesor Peter van den Besselaar, del Departamento de Ciencias de la Organización en la *Vrije Universiteit Amsterdam* (Holanda), y el profesor Gaston Heimeriks, del Departamento de Estudios de Innovación en el *Copernicus Institute*, *Utrecht University* (Holanda), proponen una clasificación básica en dos modalidades de disciplinariedades (figura 40) en el artículo *Disciplinary, multidisciplinary, interdisciplinary-concepts and indicators* (2001), publicado durante la *8th Conference on Scientometrics and Informetrics* celebrada en Sidney (Australia). Los autores recogen la clasificación de Gibbons et al. (1994) basada en dos modalidades disciplinarias.

1. Monodisciplinariedad. La primera de ellas se puede describir como la monodisciplinariedad. Se refiere a la actividad de una sola disciplina enfocada en la producción de conocimiento teórico. Se desarrolla en las universidades siguiendo la división disciplinaria en forma de departamentos y facultades. La caracteriza la homogeneidad, la jerarquía y la estabilidad.

2. No-disciplinariedades. La segunda modalidad implica varias disciplinas enfocadas en un mismo problema que los autores denominan no-disciplinariedades. Esta modalidad se refiere al estudio de los sistemas complejos que requieren el conocimiento procedente de más de un área de estudio. A diferencia de la monodisciplinariedad, las no-disciplinariedades no están relacionadas exclusivamente con las universidades. Las caracteriza el carácter práctico y la interacción entre los profesionales involucrados en un trabajo común. Aunque más complejas, las no-disciplinariedades no pueden reemplazar la monodisciplinariedad ya que su funcionamiento está basado en el conocimiento proveniente de disciplinas separadas. Los autores proponen tres tipos de no-disciplinariedades, basadas en la unión de varias disciplinas puestas en interacción e intercambiando o integrando ideas, conocimientos y metodologías.

    - Multidisciplinariedad. La interacción de las disciplinas involucradas en un trabajo común implica la aplicación de perspectivas distintas, sin integración.

    - Interdisciplinariedad. Supone la creación de una teoría y metodología propias en base a la interacción entre las disciplinas empleadas. Los resultados de la investigación interdisciplinaria son descritos por los autores como coherentes e integrados.

    - Transdisciplinariedad. Implica la integración de las disciplinas involucradas en un trabajo común. Se caracteriza por el desarrollo de una teoría homogeneizada y por la compresión mutua sobre las epistemologías disciplinarias.

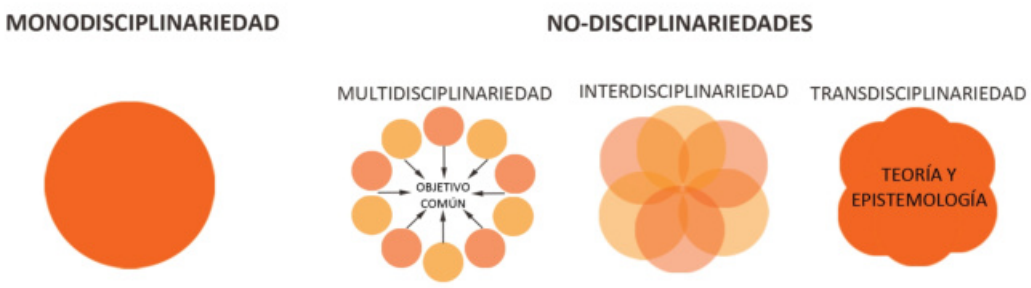


Figura 40. Clasificación binaria de tipologías de interacción disciplinaria propuesta por Besselaar y Heimeriks (2001). Incluye monodisciplinariedad y no-disciplinariedades (multidisciplinariedad, interdisciplinariedad y transdisciplinariedad). Fuente: Producción propia.

Los profesores Paul Stock, del Departamento de Sociología de la *University of Otago* (Nueva Zelanda), y Rob J.F. Burton, del *Centre for Rural Research* de Trondheim (Noruega), describen las posibilidades de la interacción disciplinaria en modo parecido a Besselaar y Heimeriks (2001), a través de tres términos: multidisciplinariedad, interdisciplinariedad y transdisciplinariedad (figura 41).

1. Multidisciplinariedad. Supone un grupo de investigadores de diferentes campos que comparten conocimiento y comparan los resultados unos con otros, sin necesidad de cruzar las fronteras a otras disciplinas y con el objeto de crear un nuevo conocimiento integrado. La desventaja de la multidisciplinariedad radica, según Stock y Burton, en la falta de enfoque para la solución del problema tratado. Ambos autores consideran que, en los trabajos desarrollados por los grupos multidisciplinarios, los expertos se limitan a proporcionar evaluaciones sobre el problema desde la perspectiva de su propia disciplina, sin ofrecer solución al mismo.[123]
2. Interdisciplinariedad. Implica un mayor nivel de integración disciplinaria y de colaboración entre expertos. Las fronteras disciplinarias se cruzan, el conocimiento de cada una de las disciplinas es revisado por los expertos de las otras disciplinas, formando un conocimiento nuevo y común. La interdisciplinariedad requiere un mayor nivel de colaboración entre expertos, quienes deben formular los problemas y desarrollar la metodología adecuada para su tratamiento.

[123] Stock, P. & Burton, R.J.F. (2011). Defining Terms for Integrated (Multi-Inter-Trans-Disciplinary) Sustainability Research. *Sustainability*, *3*(12), pp. 1090–1113. doi:10.3390/su3081090. Pág. 1095. "However, in general it could be surmised that—because of the lack of an iterative research process (i.e., formulating a question in one discipline and passing it to another for problem solving which may then generate new questions for another discipline, etc.) multidisciplinary research is not as problem focused as interdisciplinary or transdisciplinary research."

3. **Transdisciplinariedad**. Supone el nivel más alto de integración de conocimientos diferentes. Aparte de incluir a los expertos de varias disciplinas en un trabajo común, en numerosas ocasiones se incluyen personas ajenas al mundo académico. La parte importante de la investigación transdisciplinar son las relaciones entre las personas involucradas. La confianza y la compresión mutua representan los elementos clave para el desarrollo del trabajo.



Figura 41. Clasificación de tipologías de interacción disciplinaria propuesta por Stock y Barton (2011). Incluye los prefijos *multi-*, *inter-* y *trans-*. Fuente: Producción propia.

Una clasificación de las interacciones disciplinarias que incluye los prefijos multi-, inter- y trans- es la propuesta por el profesor Roderick J. Lawrence, de la *University of Geneva* (Suiza). En su artículo *Descifrando contribuciones interdisciplinarias y transdisciplinarias* (2010), publicado en la Revista Transdisciplinar de Ingeniería y Ciencia, Lawrence propone tres posibles tipos disciplinarios, descritos de forma muy parecida a la clasificación de Stock y Barton (2011).

1. **Multidisciplinariedad**. Se define como un entorno en el que cada investigador permanece dentro de su propia disciplina y contribuye a la investigación aplicando sus conceptos y métodos, aunque no es necesario que comparta el objetivo común con el resto de investigadores.
2. **Interdisciplinariedad**. Está enfocada al objetivo común. Los investigadores aceptan los conceptos y los métodos de los investigadores de otras disciplinas con la idea de lograr el objetivo deseado.
3. **Transdisciplinariedad**. Implica una combinación de los conceptos y los conocimientos no solo del mundo académico, sino también del resto de individuos de la sociedad (representantes del sector privado, administradores públicos y el público en general). El resultado de la diversidad de los conocimientos unidos es la unión de los métodos, el aumento de la compresión y el logro innovador de los objetivos.[124]

[124] Lawrence, R.J. (2010.) Deciphering Interdisciplinary and Transdisciplinary Contributions. *Transdisciplinary Journal of Engineering & Science*, *Vol. 1*, Nº 1, December, 2010, pp.125-130. Pág. 126. "These contributions enable the cross-fertilisation of knowledge and experiences from diverse groups of people that can promote an enlarged vision of a subject, as well as new explanatory theories. Rather than being an end in itself, this kind of research is a

Observando la transdisciplinariedad como una forma de trabajo más compleja, Lawrence propone cuatro objetivos principales (figura 42):

- Solucionar problemas complejos de la ciencia y el desafío del conocimiento fragmentado, con un modo de producción de conocimiento híbrido, no lineal ni reflexivo.
- Aceptar los contextos locales y la incertidumbre con el fin de solucionar el problema tratado y lograr los objetivos deseados.
- Aportar estrategias intercomunicativas y la colaboración estrecha entre los expertos de los diferentes campos de estudio, aplicando el razonamiento práctico enfocado al objetivo común.
- Crear vínculos entre las disciplinas, así como también entre el desarrollo teórico y la aplicación práctica de los ámbitos incluidos en el trabajo común.



Figura 42. Objetivos de la transdisciplinairedad propuestos por Lawrence (2010).
Fuente: Producción propia.

Las clasificaciones de las interacciones disciplinarias analizadas hasta ahora incluyen los prefijos más utilizados: *mono-*, *multi-*, *inter-*, *pluri-*, *cros-*, *trans-* y *meta-*. Describir las disciplinariedades empleando estos prefijos es lo más común. Sin embargo, existen una serie de propuestas que implican el uso del prefijo *anti-*. El concepto "antidisciplinariedad" no ha sido tratado por tantos autores en comparación con el resto de términos ya comentados.

way of achieving innovative goals, enriched understanding, and a synergy of new methods."

Este término aparece en el libro *Text: The Genealogy of an Antidisciplinary Object* (1992), de John Mowitt, profesor en el Departamento de Estudios Culturales y Literatura Comparada de la *University of Minnesota* (EE.UU). El autor aborda la crisis interdisciplinaria centrándose en el análisis literario y proponiendo la problemática del carácter antidisciplinario del objeto textual.[125]

Uno de los mayores usuarios del término "antidisciplinar" hoy en día es el ex-profesor Joichi Ito, del MIT Media Lab, el laboratorio de investigación del Instituto de Tecnología de Massachusetts (EE.UU). Ito describe el MIT Media Lab como un ejemplo de espacio antidisciplinar, pensado para los investigadores que no encajan en ninguna disciplina en especial y no pueden desarrollar su trabajo en ningún otro laboratorio o departamento.

En su tesis doctoral, *The Practice of Change* (2018), Ito compara los tipos disciplinarios analizando la profundidad y la amplitud con que trabajan los grupos de investigadores. Su representación gráfica incluye unas líneas verticales, que representan la profundidad con que un investigador conoce un campo de estudio, y unas líneas horizontales, que representan la amplitud del conocimiento sobre diferentes áreas.

La figura 43, adoptada de Ito, representa cuatro formas de trabajar o tratar los temas específicos. La primera, que consta de dos barras verticales posicionadas en la parte izquierda de la imagen, representa el trabajo de los profesionales que trabajan en un único campo del estudio. Este tipo de personas dispone de un profundo conocimiento de su propia área y queda circunscrito al ámbito de la monodisciplinariedad.[126] La segunda, en forma de letra "T", representa a las personas que, al tiempo que tienen también un conocimiento profundo de su propia área, pueden pronunciarse de forma superficial sobre otros vinculadas al estudio. La tercera forma, una línea horizontal posicionada en la parte superior derecha de la imagen, representa el conocimiento del público general, que está familiarizado con muchos temas sin poseer una compresión profunda sobre ninguno de ellos. La cuarta de las formas que aparecen en la imagen, la letra "π", incluye a aquellas

[125] Mowitt, J. (1992). *Text: The Genealogy of an Antidisciplinary Object*. Durham, North Carolina, USA: Duke University Press. Pág. 44. "The text was not produced by any of the disciplines that came to share it as an object; instead it was produced by a confluence that, to use Freud's term, "overdetermined" it. This means that the text is within disciplinarity, but in a manner that captures the constitutional instability of disciplinary power-an instability rooted in the alterity that pressures discipline to develop and expand. For this reason textuality must be distinguished from interdisciplinary research without abandoning it, which is why I have argued that it makes more sense to conceive of the text as an antidisciplinary field."

[126] Ito, J. (2018). The Practice of Change. (Tesis doctoral). Keio University, Graduate School of Media & Governance, Japan. Recuperado de: http://web.media.mit.edu/~joi/files/ito_diss_v1_1.pdf. (Consultado el 12.10.2018). Pág. 48-49. "In this way, the structure of academic institutions, with their schools and departments providing degrees and tenure through a process of peer review, reinforces the focus on going deeper rather than wider— the target of the work of most academics focusing on a very small number of people who are sufficiently advanced in a field to understand whether and how a new work contributes to the field. The structure of academic publishing, the currency in many academic fields, is also based on peer review and advancing the field roughly in the direction it is already headed."

personas que tienen un conocimiento superficial sobre varias áreas de estudio, pero que igualmente poseen un dominio profundo en dos campos distintos que pueden conectar entre sí. Las personas pertenecientes a este grupo Ito las nombra "interdisciplinarias".[127]

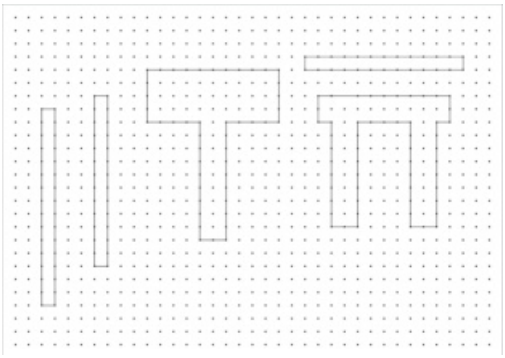


Figura 43. Clasificación de tipologías de interacción disciplinaria propuesta por Joichi Ito (2018). Realiza la clasificación atendiendo a la gestión que los investigadores hacen de la profundidad y/o amplitud del conocimiento. Fuente: Joichi Ito (2018). *The Practice of Change*. (Tesis doctoral). Keio University, Graduate School of Media & Governance, Japan. Pág. 49.

Los grupos multidisciplinarios posibilitan la conexión entre personas con conocimientos monodisciplinarios más profundos. En comparación con la monodisciplinariedad, la multidisciplinariedad implica un conocimiento menos profundo. La multidisciplinariedad está representada por la forma de la letra "M". Su relación con la monodisicplinariedad es visible en la figura 44.

La antidisciplinariedad se describe como una actividad que atraviesa las disciplinas, al tiempo que explora el área existente entre ellas (figura 45). Se distingue de otros tipos disciplinarios como algo nuevo, único, que no encaja en las metodologías y normas conocidas. El espacio disciplinario, Ito lo describe como un espacio que aún no ha sido explorado suficientemente y que tiene potencial para la innovación.[128] A diferencia de otros tipos disciplinarios que tienen sus métodos establecidos y en los que la actividad de los expertos está sujeta a la revisión por parte de otros compañeros de campo, la antidisciplinariedad representa un campo de estudio abierto para la creación de nuevos métodos, temas y conceptos y para aquellos investigadores cuyo trabajo no pertenece a

[127] Ito, J. (2018). The Practice of Change. (Tesis doctoral). Keio University, Graduate School of Media & Governance, Japan. Recuperado de: http://web.media.mit.edu/~joi/files/ito_diss_v1_1.pdf. (Consultado el 12.10.2018). Pág. 50-51. "Some academics are deep in two disciplines and can connect them and bring together ideas as well as specialists from those disciplines through translation of each discipline's vocabulary. These are π people, the interdisciplinarians."

[128] Ito, J. (2018). *The Practice of Change*. (Tesis doctoral). Keio University, Graduate School of Media & Governance, Japan. Recuperado de: http://web.media.mit.edu/~joi/files/ito_diss_v1_1.pdf. (Consultado el 12.10.2018). Pág. 51. "These areas tend to attract less funding, have fewer peers and, subsequently, have less existing prior work overall. Those factors make these areas harder to explore, and there is further more a great risk of becoming an academic orphan without collaborators, a tenure path, or a job market."

ningún laboratorio o departamento específico. La antidisciplinariedad va más allá de todas las disciplinas, anulando los límites entre los campos de investigación.

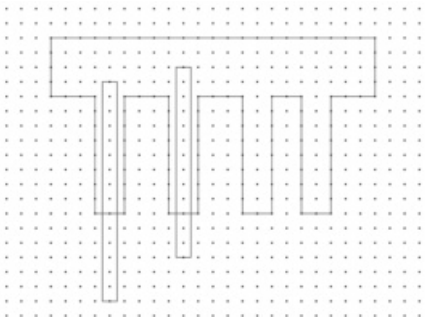


Figura 44. Clasificación de tipologías de interacción disciplinaria propuesta por Joichi Ito (2018). Muestra la conexión entre los investigadores mono- y multidisciplinares. Fuente: Ito, J. (2018). *The Practice of Change*. (Tesis doctoral). Keio University, Graduate School of Media & Governance, Japan. Pág. 51.

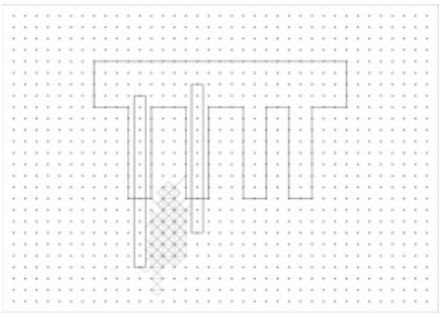


Figura 45. Clasificación de tipologías de interacción disciplinaria propuesta por Joichi Ito (2018). Introduce el término antidisciplinariedad para recoger otras circunstancias que los investigadores encuentran al gestionar el desarrollo de sus proyectos (red de líneas horizontales, verticales y diagonales). Fuente: Ito, J. (2018). *The Practice of Change*. (Tesis doctoral). Keio University, Graduate School of Media & Governance, Japan. Pág. 52.

Aunque la antidisciplinariedad anula, en cierto sentido, las disciplinas presentes en el trabajo, el valor del conocimiento monodisciplinar sigue siendo importante para el trabajo colaborativo consistente en la interacción de varias disciplinas. Colocando la antidisciplinariedad en interacción con otros tipos disciplinarios, se crea un ámbito de trabajo único, diferente a todos, que no solo aporta nuevas ideas, sino que estimula la interacción disciplinaria profunda y, en su caso, la creación de disciplinas nuevas (figura 46).[129]

[129] Ito, J. (2018). *The Practice of Change*. (Tesis doctoral). Keio University, Graduate School of Media & Governance, Japan. Recuperado de: http://web.media.mit.edu/~joi/files/ito_diss_v1_1.pdf. (Consultado el 12.10.2018). Pág. 53. "This allows us to create an ecosystem of I, T,π and M and antidisciplinary types that feeds new ideas into existing disciplines and supports the emergence of intersectional disciplines as well as completely new ones. This breaks down silos."

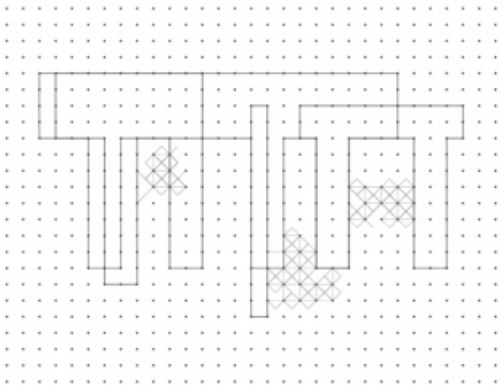


Figura 46. Clasificación de tipologías de interacción disciplinaria propuesta por Joichi Ito (2018). Describe la convivencia de la mono-, inter-, multi- y antidisciplinariedad en un ámbito profesional único. Fuente: Ito, J. (2018). *The Practice of Change*. (Tesis doctoral). Keio University, Graduate School of Media & Governance, Japan. Pág. 53.

El diseñador y artista digital checo Pavel Karafiát, clasifica su trabajo entre el ámbito multidisciplinar y el ámbito antidisciplinar. Con formación en ingeniería y experiencia en el área del arte digital, Karafiát superpone diferentes disciplinas en colaboración con profesionales de otros ámbitos con el fin de unir tecnología, arte, ciencia y diseño.

En una entrevista para la Plataforma de Música Innovativa y Arte Audiovisual Europeo, SHAPE, Karafiát explica cómo funciona la interacción disciplinaria en su proceso de creación. A nivel personal, el artista no necesita tener un conocimiento profundo de cada una de las disciplinas involucradas en la realización de su trabajo. La creación involucra a varios profesionales que colaboran entre sí, mientras que el artista permanece situado en las fronteras entre las disciplinas, manteniendo un enfoque abierto.[130] La multidisciplinariedad está presente en la relación entre las disciplinas y en la interacción de los profesionales involucrados en la colaboración, mientras que la antidisciplinariedad queda reflejada en la apertura del individuo a las posibilidades de otros ámbitos del conocimiento.

El término de la antidisciplinariedad ha sido tratado en la sesión *Please Enter the Antidisciplinary Space* (2016), coordinada por la directora asociada a la red global de las colaboraciones internacionales, *Swissnex San Francisco*, Sophie Lamparter, durante el evento *Lift Conference* celebrado en Ginebra (Suiza). La sesión trató sobre los practicantes de la antidisciplinariedad y la necesidad de unir conocimientos de diferentes áreas para la solución de problemas cada vez más complejos. Lamparter seleccionó cuatro personas que trabajan en el ámbito antidisciplinario: Sarah Brin (historiadora del arte y comisaria), Subodh

[130] Code, vision, infinity: An interview with Pavel Karafiát (el 1 de septiembre, 2015). *Shape Platform*. Recuperado de: http://shapeplatform.eu/2015/code-vision-infinity-an-interview-with-pavel-karafiat/. (Consultado el 03.12.2018). "I like to do interactive installations and put together very different disciplines. It doesn't mean that I do everything. I like to stay on the border of these disciplines and remain open-minded."

Patil (físico investigador de la Universidad de Ginebra), James Patten (diseñador, inventor y artista visual) y Caecilia Charbonnier (cofundadora de *Artanim*, fundación especializada en las tecnologías de captura de movimiento). A continuación se analizan las presentaciones de Sarah Brin y James Patten.

En la presentación *Making/Meaning in the Realm of Anti-Disciplinarity* (2016), Sarah Brin relaciona la antidisciplinariedad con la idea de lucha, o de no sentirse en el sitio adecuado y con los proyectos desarrollados en la intersección entre arte, tecnología e industria. La antidisciplinariedad representa un ámbito fuera de cualquier disciplina específica, donde se crean nuevas ideas y conceptos a través del proceso de la imaginación.[131]

La presentación *Challenging the Audience to Work in Anti-Disciplinary Spaces* (2016), de James Patten, está dedicada a proyectos desarrollados en el área del diseño interactivo, la electrónica, la tecnología portable y la robótica, todo ello dentro del marco de la antidisciplinariedad. Patten describe el ámbito antidisciplinar como un espacio que no encaja en ninguna de las disciplinas tradicionales. Mientras que los investigadores tradicionales aplican ciertas metodologías y técnicas establecidas para resolver los problemas tratados, los investigadores antidisciplinares tratan los temas de interés de forma abierta, con una amplia gama de técnicas posibles, inventadas y seleccionadas por ellos mismos. Aunque es un reto realizar el trabajo sin atender a las reglas establecidas o a la retroalimentación de los profesionales, Patten observa la libertad del trabajo antidisciplinar como una ventaja que facilita manifestar una visión o un método único creado por el investigador.[132]

[131] Brin, S. (febrero, 2016). Making/Meaning in the Realm of Anti-Disciplinarity. En: S. Lamparter (coordinadora), *Please Enter the Antidisciplinary Space*. Lift Conference 2016, February 10–12, 2016, Geneva, Switzerland. Recuperado de: http://liftconference.com/lift16/speakers/4642. (Consultado el 03.01.2018). "To me antidisciplinarity means not only not working in one specific field, but rather instead drawing from elsewhere to imagine something new."

[132] Patten, J. (febrero, 2016). Challenging the Audience to Work in Anti-Disciplinary Spaces. En: S. Lamparter (coordinadora), *Please Enter the Antidisciplinary Space*. Lift Conference 2016, February 10–12, 2016, Geneva, Switzerland. Recuperado de: http://liftconference.com/lift16/speakers/4609. (Consultado el 04.01.2018). "But the *magic* of working in an antidisciplinary space is that I think you have a much greater opportunity to impact the world in your own unique, powerful way. And if you look back, say over the last hundred years or so, at a lot of the disruptive innovations that have really impacted our lives as a whole, a lot of them have come from work that has existed at least initially in this sort of antidisciplinary space."

3.2. *Post*-. Conocimiento crítico y posicional de las disciplinas. Análisis comparativo de los tipos disciplinarios desde un enfoque a predisciplinar y antidisciplinar

Uno de los términos frecuentemente mencionados, pero no del todo definido, es el de "postdisciplinariedad". Observando la composición del término, se descompone en el prefijo *post*-, de origen latino, que significa "después", y "disciplina", también de origen latino, entendido como "rama del conocimiento". Teniendo en cuenta esta construcción, la postdisciplinariedad se puede comprender como un fenómeno que va más allá de las disciplinas. Una definición así no diferencia claramente la postdisciplinariedad de los otros tipos disciplinarios anteriormente analizados. La problemática que se impone aquí es la de si la postdisciplinariedad se puede clasificar como un tipo de interacción disciplinaria más, o si representa un ámbito distinto, más amplio.

En comparación con otros tipos disciplinarios, la postdisciplinariedad va más allá de las diferencias que separan las disciplinas. El doctorando de la *Lancaster University* (Reino Unido), Joseph Lindley, describe su experiencia con el trabajo postdisciplinar en el Centro de formación doctoral *HighWire*, enmarcado en el programa *Digital Economy* del Consejo de Investigación del Reino Unido. La **inter**-, la **multi**- y la **crosdisciplinariedad** reúnen distintas disciplinas para trabajar sobre un problema específico, al tiempo que cada una conserva las características que le son propias. El enfoque se centra en las diferencias existentes entre las disciplinas y su superación.[133] La diferencia entre la postdisciplinariedad u otros tipos disciplinarios la describe Lindley utilizando la teoría sobre la identidad del filósofo escocés David Hume (*Bundle Theory*). Con esta teoría, Hume sugiere que los objetos no son sino el conjunto de sus propiedades concretas e individuales. Si las características de cada una de las disciplinas involucradas se imaginan en forma de hebra/haz, las disciplinas se concebirían como un conjunto de hebras. La inter-, la multi- y la crosdisciplinariedad trabajan reconociendo las diferencias entre las hebras, mientras que la **postdisciplinariedad** se centra en el reto de reconectarlas (figura 47).

[133] Lindley, J. (el 26 de enero, 2016). What on Earth is Post Disciplinary Ethnography? La publicación de *Post Disciplinary Ethnography Edition*, *Ethnogrpahy Matters*. Recuperado de: http://ethnographymatters.net/blog/2016/01/26/what-on-earth-is-post-disciplinary-ethnography/. (Consultado el 11.10.2018). "These related terms, each describing how people (or concepts) with different expertise (or philosophical foundations) come together form teams (or produce insights) that are in some way 'greater than a sum of their parts'. More often than not, those outcomes are achieved by... 'creating value across boundaries'. The properties and tropes of each discipline remain in tact, but, extra value can be created bridging the gaps between them. Post disciplinarity I see rather differently."



Figura 47. Clasificación binaria de tipologías de interacción disciplinaria propuesta por Lindley (2018). Realiza la propuesta estudiando las características de la postdisciplinariedad y las características de los otros tipos disciplinarios. Propone crear un ámbito común en el contexto de la postdisciplinariedad que recoga las características comunes y excluya las diferentes. Fuente: Producción propia.

El profesor de Teoría Social y Economía Política de la *Lancaster University* (Reino Unido), Andrew Sayer, compara los conceptos de "**interdisciplinariedad**" y "**postdisciplinariedad**" en el ámbito de la sociología en su artículo *Long Live Postdisciplinary Studies! Sociology and the curse of disciplinaryparochialism/imperialism* (1999). El autor describe los estudios interdisciplinarios como un espacio que une las perspectivas de disciplinas diferentes, sin que los profesionales salgan de sus ámbitos disciplinarios. Las diferencias entre las disciplinas, sus metodologías, conocimientos y conceptos se mantienen presentes en gran medida. Por su parte, la postdisciplinariedad se centra en estudiar las conexiones que existen entre las disciplinas. Su objetivo es el proceso de aprendizaje y no las disciplinas en sí. Aprendiendo sobre las ideas de otras disciplinas y siguiendo las conexiones presentes entre ellas, los profesionales salen de sus propios ámbitos. Expandir la actividad profesional a un área de estudio más amplia no disminuye el valor y la profundidad del trabajo, sino que mantiene su coherencia en el estudio de los fenómenos específicos.[134]

El cambio conceptual de las disciplinas en el ámbito postdisciplinar lo propone también el historiador y filósofo Mervyn Hartwig, miembro fundador del *Centre for Critical Realism* (CCR) de Londres (Reino Unido). El autor compara la postdisciplinariedad con otros tipos disciplinarios. Define cada uno de ellos de la siguiente forma:

1. **Multidisciplinariedad**. Implica más de una disciplina en el proceso de investigación, sin realizar una distinción de las identidades de las disciplinas implicadas.
2. **Crosdisciplinariedad**. Observa la problemática de una disciplina desde la perspectiva de otra.

[134] Sayer, A. (1999). Long Live Postdisciplinary Studies! Sociology and the curse of disciplinaryparochialism/imperialism. *Department of Sociology, Lancaster University*, Lancaster, UK. Recuperado de: https://www.lancaster.ac.uk/fass/resources/sociology-online-papers/papers/sayer-long-live-postdisciplinary-studies.pdf. (Consultado el 12.10.2018). Pág. 5. "Post-disciplinary studies emerge when scholars forget about disciplines and whether ideas can be identified with any particular one; they identify with learning rather than with disciplines... It doesn't mean dilettantism or eclecticism, ending up doing a lot of things badly... One can still study a coherent group of phenomena, in fact since one is not dividing it up and selecting out elements appropriate to a particular discipline, it can be more coherent than disciplinary studies."

3. **Interdisciplinariedad**. Integra a las diversas disciplinas implicadas en una investigación con el fin de crear un nuevo marco de comprensión sobre el problema tratado.
4. **Transdisciplinariedad**. Integra a las diversas disciplinas implicadas en una investigación con el fin de crear un modelo de investigación útil para cada una de las disciplinas involucradas.
5. **Postdisciplinariedad**. A diferencia de la multi-, la cros-, la inter- y la transdisciplinariedad que mantienen la noción de disciplina, sus métodos, sus objetivos y sus lenguajes, la postdisciplinariedad se desvincula de la noción común del término "disciplina" al caracterizarse por la libertad, el eclecticismo resultante de la creación de conexiones estrechas y la unidad entre las disciplinas.[135]

La comisaria australiana Lizzie Muller compara la postdisciplinariedad con las nociones de inter- y transdisciplinariedad en el artículo *The Return of the Wonderful: Monanisms and the undisciplined objects of media art* (2015). La **inter**- y la **transdiciplinariedad** abren la perspectiva hacia la posibilidad de un movimiento entre disciplinas diferentes, pero mantienen la base disciplinaria de cada una de ellas. En cambio, la **postdisciplinariedad** propone la necesidad de generar un conocimiento más allá de las propias disciplinas. Aunque queda dentro del ámbito disciplinario, la postdisciplinariedad señala sus debilidades y las posibilidades de salir de estos límites.[136]

La profesora de la *Pacific Lutheran University* (EE.UU), Susan Brown Carlton, remarca los paralelismos entre la **postdisciplinariedad** y el **postestructuralismo** en su artículo *Composition as a postdisciplinary formation* (1995). El postestructuralismo va más allá de la propia estructura y cuestiona sus implicaciones y debilidades. La postdisciplinariedad hace lo mismo con las disciplinas, reproduciendo la complejidad de sus características representativas (objeto de estudio, textos sobre su teoría o historia, metodologías que producen, tipos de conocimiento que generan, y capacidades de profesionalización), y yendo más allá de sus límites.[137]

---

[135] Hartwig, M. (2007). *Dictionary of critical realism*. London, UK: Routledge. Pág. 259. "Postdisciplinarity, by contrast, envisages the demise of disciplines as we know them and revels in the freedom, eclecticism and new sense of unity this is supposed to bring."

[136] Muller, L. (2015). The Return of the Wonderful: Monanisms and the undisciplined objects of media art. *Studies in Material Thinking, Vol. 12*, Paper 03, March 2015. pp. 3-18. Auckland University of Technology, New Zealand. Recuperado de https://www.materialthinking.org/papers/185. (Consultado el 16.10.2018). Pág. 4-5. "The notions of inter- and trans-disciplinarity reinforce the foundations of existing disciplines at the same time as they promote the possibility of movement between them. Post-disciplinarity suggests something else—it suggests the inevitability of a way of being and of knowing beyond disciplinary organisation. The term indelibly reinscribes "disciplinarity" within itself, and as such remains the product of disciplinary thought, but it signals the finitude of this way of thinking."

[137] Brown Carlton, S. (1995). Composition as a postdisciplinary formation. *Rhetoric Review, Vol.14*, Nº 1. Autumn, 1995, pp. 78-87. DOI:10.1080/07350199509389053. Pág. 78-79. "Poststructuralists do not reject the insights of structuralism but identify within structuralism's very assertions a need to think beyond its limits, the need to

Monika Büscher y Leon Cruickshank, de la *Lancaster University* (Reino Unido), observan las prácticas postdisciplinarias en el ámbito del diseño en su artículo *Designing Cultures: Post-Disciplinary Practices* (2008). En comparación con otros tipos disciplinarios que diseccionan un todo descubriendo la complejidad de su composición, la postdisciplinariedad tiene la habilidad de recuperar la observación y la compresión sobre el todo sin separar sus partes. Los autores relacionan la **postdisciplinariedad** y la **predisciplinariedad**, observando el resultado como una forma holística de comprender el mundo.[138] Gracias al enfoque holístico, los investigadores postdisciplinarios comprenden las dependencias que existen dentro del problema tratado y están más abiertos a encontrar conexiones entre todos los elementos y factores relacionados con el tema de interés.

Bob Jessop y Ngai-Ling Sum, de la *Lancaster University* (Reino Unido), también explican la postdisciplinariedad con el término "**predisciplinariedad**", en su caso en el marco de la economía política. En el artículo *Pre-disciplinary and post-disciplinary perspectives* (2001), proponen que la economía política clásica tiene su origen predisciplinario en campos de estudio relacionados con la economía, la política, la sociología, la filosofía, el lenguaje, etc. Más tarde sugieren que la economía política sufrió una división en disciplinas como la economía, la política, la administración pública, la sociología, la antropología, etc. Los autores describen cómo, hoy en día, el ámbito de la economía política se está transformando en un ámbito postdisciplinario en el que se redescubren los valores predisciplinarios y se rompen los límites disciplinarios establecidos.[139]

El enfoque postdisciplinario en el ámbito artístico lo tratan la comisaria Lizzie Muller y la artista y comisaria Caroline Seck Langill, en el texto *Curating Lively Objects: Post-disciplinary Affordances for Media Art Exhibition* (2016). Las autoras observan este fenómeno analizando proyectos multimediales, mecánicos y robóticos relacionadas con el concepto de

reject structuralism as an origin and a telos by rethinking its cultural implications and methodological blind spots. Similarly, postdisciplinary practitioners reproduce the complex of features representative of disciplines: a defined object of study, texts that theorize and historicize that object, methodologies that produce knowledge about that object, and the capacity to reproduce disciplinary practitioners. And postdisciplinary practitioners generate material disciplinary apparatuses that make representation possible: scholarly journals, professional associations, tenured and tenure-track positions, credentialing standards that allow disciplines to reproduce themselves. But even as they embrace representational and material conditions of disciplinary "being," postdisciplinary practitioners think and act beyond the limits of the traditional discipline."

138 Büscher, M. y Cruickshank, L. (2008). Designing Cultures: Post-Disciplinary Practices. *Proceedings*, 8th European Academy of Design Conference, April 2009, The Robert Gordon University, Aberdeen,Scotland. pp. 1-5. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/259576511_Designing_Cultures_Post-Disciplinary_Practices. (Consultado el 18.03.2020). Pág. 2. "While multi-disciplinarity can facilitate insights into the dynamic complexities of socio-material-technical cultures for design, it does not enable an understanding of such cultures' lived autopoesis. Post-disciplinarity... returns to the pre-disicplinary roots of many disciplines whose isolation and specialization was formed in the enlightenment spirit of rational inquiry and the (social) engineering confidence of modernity."

139 Jessop, B. y Sum, N.-L. (2001). Pre-disciplinary and post-disciplinary perspectives. *New Political Economy, 6*. January, 2001. pp. 89-101. doi: 10.1080/13563460020027777. Pág. 100. "We are now witnessing the breakdown of these established disciplinary boundaries as well as the rediscovery of space and time as socially constructed, socially constitutive relations, rather than mere external parameters of disciplinary inquiry."

lo interactivo y lo participativo.[140] La sensibilidad postdisciplinar presente en las dos exposiciones se refleja a través de la unión de los conceptos anteriormente separados, tales como lo estético y lo práctico, lo analógico y lo digital, la obra de arte y el artefacto. De esta manera se disuelven las fronteras entre las distintas categorías de objetos.[141]

Analizando el fenómeno de la postdisciplinariedad, sus características principales se pueden resumir en algunas de las propuestas de los autores vistos anteriormente (figura 48): búsqueda de las conexiones entre disciplinas (Lindley, 2016; Sayer, 1999), libertad y eclecticismo dirigidos a los métodos, conceptos y lenguajes de todas las disciplinas involucradas en el trabajo (Hartwig, 1999), formas de saber y conocer más allá de las propias disciplinas (Muller, 2015), y enfoque holístico basado en la posibilidad de observar y comprender el problema de interés como un todo, sin dividirlo en partes (Büscher y Cruickshank, 2008). Se comprende la postdisciplinariedad como un fenómeno que supera los límites disciplinarios, y va más allá de las diferencias presentes entre las disciplinas, se plantea la pregunta de en qué medida se distingue ésta de la antidisciplinariedad.



Figura 48. Postdisciplinariedad. Terminología descriptiva: conectividad, metodologías, conceptos y lenguajes, profundidad del conocimiento y amplitud del enfoque y visión holística del problema. Fuente: Producción propia.

La antidisciplinariedad (figura 49) se describe como un fenómeno que no pertenece a ningún ámbito en concreto y a ninguna de las disciplinas tradicionales (Patten, 2016; Brin, 2016). Es un espacio abierto a los investigadores cuyo trabajo no encaja en otros espacios disciplinarios (Ito, 2018; Brin, 2016). Patten (2016) define la posibilidad de tratar los problemas de forma abierta. La antidisciplinariedad explora los cruces disciplinarios pero también el espacio que existe entre disciplinas, anula sus límites (Ito, 2018) y fomenta el

[140] Las autoras basan su texto en dos exposiciones, *thelivingeffect* (2010), celebrada en la *Ottawa Art Gallery* (Canadá), comisariada por Langill, y *Lively Objects: Disruption and Enchantment* (2015) celebrada en el Museo de Vancouver (Canadá), comisariada por Langill y Muller. Las dos exposiciones reunieron las obras de arte de los medios, de la mecánica y la robótica bajo el concepto de la vivacidad.

[141] Langill C.S., Muller L. (2016). Curating Lively Objects: Post-disciplinary Affordances for Media Art Exhibition. En: England D., Schiphorst T., Bryan-Kinns N. (Eds.) *Curating the Digital*. pp. 31-50. Cham, Switzerland: Springer Series on Cultural Computing, Springer. Pág. 47. "Objects in museums often seem lulled by predictable taxonomies and display strategies. Held apart from the flow of exchange, interaction and decomposition, they become caught in suspended animation. A post-disciplinary approach that dissolves categories of objects, offers curatorial strategies for "waking up" objects through mutual enchantment."

desarrollo de nuevas y únicas ideas, temas y conceptos, así como la invención de nuevas técnicas basadas en la imaginación (Brin, 2016; Patten, 2016).



Figura 49. Antidisciplinariedad. Terminología descriptiva: metodologías innovadoras, anulación de límites disciplinarios, aprendizaje basado en problemas, exploraciones relacionadas con lo conceptual, lo procedimental, creación de nuevos lenguajes narrativos. Fuente: Producción propia.

Comparando las características analizadas de la postdisciplinariedad y la antidisciplinariedad, se puede realizar la siguiente conclusión atendiendo a sus objetivos, procesos de trabajo y resultados (figura 50). El objetivo de la postdisciplinariedad es encontrar las conexiones entre las disciplinas, mientras que la antidisciplinariedad anula los límites disciplinarios y las une a un todo. El proceso postdisciplinar implica eclecticismo en la medida que los métodos, los conceptos y los lenguajes se seleccionan de entre los ya establecidos, y los ya ofertados por otras disciplinas involucradas en el trabajo. En cambio, el proceso antidisciplinar fomenta la imaginación como herramienta para la invención de sus propios métodos, conceptos y lenguajes. El resultado de la postdisciplinariedad es un enfoque holístico donde las disciplinas involucradas están conectadas y formando un todo. El resultado de la antidisciplinariedad es la anulación de los límites disciplinarios.



Figura 50. Propuesta comparativa de los conceptos post- y antidisciplinariedad según sus objetivos, procesos y resultados. Fuente: Producción propia.

El profesor de Psicología de la Universidad de Ginebra (Suiza), Frédéric Darbellay, observa dos tendencias principales presentes en los intentos de definir la postdisciplinariedad en el artículo *From Disciplinarity to Postdisciplinarity: Tourism Studies Dediscipline*d (2016).

1. La primera de ellas observa la postdisciplinariedad como la adopción de una epistemología enfocada a la superación de los límites disciplinarios. Se basa en la idea de romper las fronteras y crear interconexiones interactivas entre disciplinas. Darbellay observa que la postdisciplinariedad comprendida de esta manera es muy similar a la inter- y la transdisciplinariedad, lo que hace que este término pierda su valor.[142]
2. La segunda tendencia es más radical y supone el replanteamiento de la idea de "disciplina". En lugar de centrarse en romper las fronteras disciplinarias, el espacio postdisciplinar desafía la organización disciplinaria del conocimiento y propone un entorno intelectual y creativo sin fronteras. En este entorno se posibilita que las disciplinas muten y se transformen como consecuencia de su interacción con otras.[143] Visto así, la postdisciplinariedad no se puede comprender como un tipo disciplinario cualquiera, sino como una posición epistemológica que fomenta la transformación y la innovación.

Esta segunda tendencia de la definición de "postdisciplinariedad" propuesta por Darbellay (2016) hace posible replantear no solo este término, sino la clasificación de los tipos disciplinarios en su totalidad. En lugar de posicionar la postdisciplinariedad entre los diferentes tipos disciplinarios, la propuesta consiste en observarla como un término conjunto que reúne a las distintas disciplinariedades.

[142] Darbellay, F. (2016). From Disciplinarity to Postdisciplinarity: Tourism Studies Dediscipline. *Tourism Analysis, Vol. 21*, Nº 4, pp. 363-372(10). doi:10.3727/108354216X14600320851659. Pág. 366-367. "The first sees postdisciplinarity as adopting an epistemological position, which makes it possible to go beyond disciplinary boundaries, and is expressed in terms of a semantic universe centring on the idea of "crossing" and the relating of different and complementary perspectives (crossing boundaries, pluralism, mediation, interconnection, etc.)... Although it is undoubtedly interesting, the first trend would appear to largely cover the specific features of inter- and transdisciplinary approaches. This semantic duplication is not particularly innovative in itself."

[143] Ibidem. Pág. 367. "Therefore, postdisciplinarity is not an additional box to add to Table 1, but it is rather an epistemological position that allows one to rethink the disciplinary organization of knowledge... The prefix post- no longer simply signifies the advent of an era after disciplinarity but a way of radically reconfiguring it. ... Just as a caterpillar can become a butterfly, every discipline can break out of its old structures to transform itself into something else that extends it while prolonging its identity as part of a transformative dynamic."

3.3. Propuesta integradora. Marco epistemológico predisciplinar, disciplinar, postdisciplinar y antidisciplinar

Observando la terminología utilizada para describir los diferentes tipos de interacción disciplinaria en los apartados 3.1 y 3.2 de este capítulo, se distinguen diferencias en la variedad de prefijos utilizados para describir los tipos disciplinarios. Entre los prefijos utilizados se encuentran los siguientes: *anti-*, *co-*, *cros-*, *inter-*, *intra-*, *meta-*, *mono-*, *multi-*, *no-*, pluri-*, poli-*, *post-*, *pre-*, *trans-*. Partiendo de la frecuencia con que se mencionan los diferentes tipos disciplinarios, se ha realizado una visualización que incluye el número de veces que se han utilizado estos prefijos en las distintas clasificaciones previamente analizadas *(*figura 51). El término usado con más frecuencia es *interdisciplinariedad,* mientras que los términos usados con menos frecuencia son *codisciplinariedad*, *intradisciplinariedad*, *polidisciplinariedad*, *metadisciplinariedad*, *pluridisciplinariedad* y *no-disciplinariedad*.



Figura 51. Estudio de la frecuencia de uso de los prefijos que describen los tipos de interacción disciplinaria introducidos por Pedroza Flores (2015), Jensenius (2012), Morin (1997), Collen (2002), Besselaar y Heimeriks (2001), Stock y Burton (2011), Lawrence (2012) e Ito (2018). Fuente: Producción propia.

Debido a la amplia gama de términos utilizada para describir las interacciones disciplinarias y a la falta de una clasificación estandarizada, surge la necesidad de resolver este problema creando una propuesta que incluya todos los tipos disciplinarios analizados anteriormente según el tipo de interacción presente. La clasificación propuesta es de carácter comparativo y se basa en la complejidad de las relaciones que se establecen entre los profesionales de los diferentes ámbitos implicados en el trabajo colaborativo. El objetivo es tener una visión comprensiva de los tipos de disciplinariedades existentes a fin de entender mejor las diferencias entre sus posibles interacciones. La propuesta consiste en dividir todos los tipos disciplinarios vistos anteriormente en cuatro grupos principales. La división se realiza de acuerdo al grado de intercambio de conocimientos, métodos, lenguajes y conceptos entre disciplinas que tienen, pudiendo variar desde ningún intercambio hasta la unión completa de estos elementos (figura 52). Los cuatro grupos creados abarcan todos los términos disciplinarios analizados con los prefijos *anti-*, *co-*, *cros-*, *inter-*, *intra-*, *meta-*, *mono-*, *multi-*, *no-*, pluri-*, poli-*, *post-*, *pre-*, *trans-*.

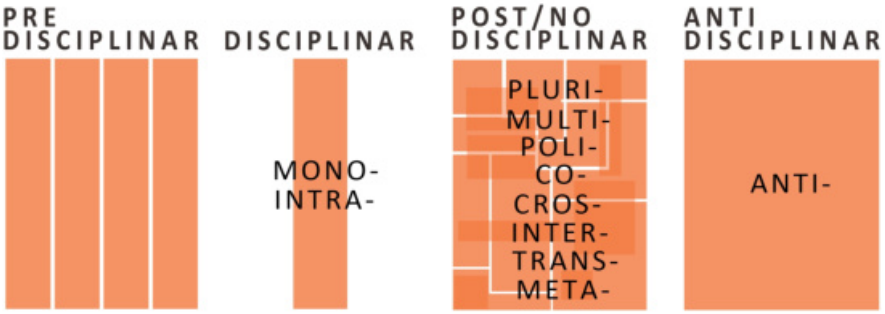


Figura 52. Propuesta de clasificación integradora entre tipos disciplinarios atendiendo a la gestión colaborativa entre ellas en el ámbito académico. Representación gráfica de las diferentes relaciones entre disciplinas. Fuente: Producción propia.

1. Grupo predisciplinar

Este grupo, representado en la figura 53, propone un enfoque holístico de comprender el mundo que resulta de la observación de un problema desde varios puntos de vista (Büscher y Cruickshank, 2008). Lo define la simultaneidad procesal de las disciplinas y todos los aspectos del problema estudiado tienen el mismo valor para el estudio (Jessop y Sum, 2001).



Figura 53. Propuesta de clasificación integradora entre tipos disciplinarios atendiendo a la gestión colaborativa entre ellas en el ámbito académico. Descripción del modelo predisciplinar. Fuente: Producción propia.

2. Grupo disciplinar.

Este grupo abarca los términos de “intradisciplinariedad”y “monodisciplinariedad” (figura 54). Se caracteriza por la ausencia de interacción con otras disciplinas. Los métodos, las estrategias de investigación, la didáctica y la teoría que se utilizan para el tratamiento de un problema son relativamente homogéneos en relación con otras disciplinas (Collen, 2002). La investigación se desarrolla dentro de un único campo de estudio (Jensenius, 2012).

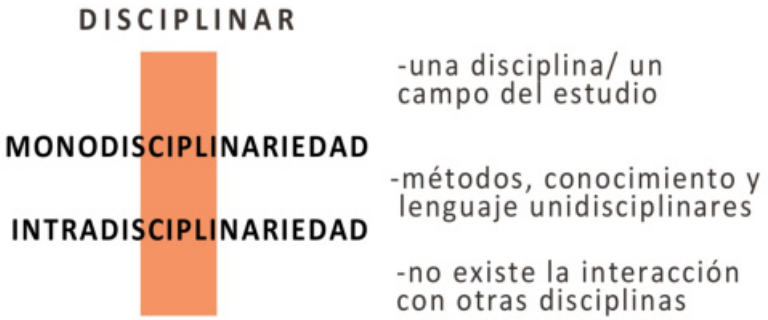


Figura 54. Propuesta de clasificación integradora entre tipos disciplinarios atendiendo a la gestión colaborativa entre ellas en el ámbito académico. Descripción del modelo disciplinar. Fuente: Producción propia.

2. Grupo post- o no-disciplinar

Este grupo reúne a la mayoría de los tipos disciplinarios en los que los profesionales de una disciplina interactúan con profesionales de otras disciplinas. Contiene las disciplinariedades definidas por los prefijos *pluri-*, *multi-*, *poli-*, *co-*, *cros-*, *inter-*, *trans-* y *meta-*. El resumen sobre cada uno de los términos basados en el análisis previo sigue un orden lineal que se inicia con la interacción básica, en la que los profesionales comparten sus conocimientos, métodos y conceptos sin entrar en otros ámbitos, y llegan hasta la interacción más compleja, que implica el intercambio completo entre disciplinas y la creación de nuevas epistemologías (figura 55).

- Pluridisciplinariedad. Agrupamiento de disciplinas pertenecientes a un mismo campo de conocimiento y que presentan facilidad para cooperar entre sí partiendo de sus propios dominios (Pedroza Flores, 2006). En este caso, las disciplinas pueden tratar un mismo problema, cada una desde su propia perspectiva. Aunque pueden intercambiar resultados, los profesionales de disciplinas diferentes no intercambian las epistemologías de sus propios ámbitos de estudio.

- Multidisciplinariedad. Se refiere a un agrupamiento de diferentes disciplinas (Pedroza Flores, 2006) en el que los investigadores tratan conjuntamente un fenómeno o problema particular, cada uno disponiendo su actividad de acuerdo a su propio conocimiento disciplinario (Jensenius, 2012). El resultado de este tipo de trabajo es la producción de un conocimiento que engloba distintas posiciones y puntos de vista (Collen, 2002). Las perspectivas teóricas y los hallazgos disciplinarios no se integran (Besselaar y Heimeriks, 2001). Los investigadores comparten el conocimiento y comparan los resultados, sin cruzar las fronteras de otras disciplinas.

- Polidisciplinariedad. Morin (1997) la describe como un agrupamiento de disciplinas orientado a investigar un problema compartido. A fin de resolverlo, estas disciplinas entran

en un estado de profunda interacción. Al describirse la interacción como profunda, la polidisciplinariedad se clasifica como ligeramente más compleja que la multidisciplinariedad con respecto al intercambio de métodos, conocimientos y lenguajes entre los investigadores.

- Codisciplinariedad. Descrita por Pedroza Flores (2006), resulta muy parecida a la polidisciplinariedad en cuanto al agrupamiento de disciplinas diferentes dirigidas a resolver un problema común. Lo que la caracteriza es la unión de los conocimientos que cada una de ellas aporta sin suponer pérdida de identidad de las mismas.

- Crosdisciplinariedad. Implica la interacción disciplinaria allí donde la metodología singular de una disciplina resulta insuficiente para el tratamiento y resolución de un problema específico y requiere para su resolución de la participación de otras disciplinas (Pedroza Flores, 2006; Lawrence, 2010). Cada disciplina observa el problema desde la perspectiva de otra (Jensenius, 2012). De esta forma, se cruzan los conocimientos con los métodos y las técnicas aplicadas por profesionales de otras disciplinas.

- Interdisciplinariedad. Incluye diferentes tipos de interacción disciplinaria, desde el simple intercambio de ideas, hasta la integración mutua de conceptos, metodologías, procesos y organización de la investigación (Pedroza Flores, 2006). Crea una síntesis real de enfoques (Jensenius, 2012) con una identidad teórica, conceptual y metodológica propia (Besselaar y Heimeriks, 2001). Al superar las fronteras disciplinarias, se crea un conocimiento nuevo, basado en los conocimientos aportados por cada una de las disciplinas involucradas y una unión de las personas y las ideas incorporadas, a fin de enfrentarse al problema de forma conjunta (Stock y Burton, 2011).

- Transdisciplinariedad. Propone la integración de conocimientos que provienen de diversos sectores de la sociedad (Lawrence, 2010). Propone la creación de un marco intelectual que va más allá de las propias perspectivas disciplinarias (Jensenius, 2012) con el fin de lograr objetivos innovadores en el sistema de enseñanza-innovación (Pedroza Flores, 2006; Lawrence, 2010). Plantea una comprensión teórica común y una interpretación de las epistemologías disciplinarias de forma comun (Besselaar y Heimeriks, 2001). Las diferencias disciplinarias no son relevantes. El objetivo se centra en solucionar problemas. El éxito de este propósito depende de la confianza y entendimiento que se dé entre los investigadores (Stock y Burton, 2011). La transdisciplinariedad tiene cuatro objetivos: solución de problemas complejos y fusión del conocimiento fragmentado; aceptación de los contextos locales y de la incertidumbre; colaboración estrecha y continua entre expertos durante todas las fases de investigación; comprensión del mundo real y atención a los procesos de toma de decisiones conjunta (Lawrence, 2010).

- **Metadisciplinariedad**. Se describe como una unión líquida entre disciplinas en la que se difuminan, pero no desaparecen, los límites entre ellas. El conocimiento obtenido de esta unión sugiere un grado de integración superior en el que es difícil distinguir con precisión los contenidos disciplinarios aportados (Collen, 2002).



Figura 55. Propuesta de clasificación integradora entre tipos disciplinarios atendiendo a la gestión colaborativa entre ellas en el ámbito académico. Descripción del modelo post-/no-disciplinar. Fuente: Producción propia.

3. Grupo antidisciplinar

Este grupo incluye solamente la antidisciplinariedad, en tanto que es un tipo disciplinario que anula los límites disciplinarios y que forma un único espacio de colaboración (figura 56). La antidisciplinariedad se describe como algo que va más allá de todos los tipos disciplinarios anteriores y supone algo nuevo, algo único, que no encaja con las metodologías y normas conocidas. Implica la creación de un espacio más allá del que ocupan las disciplinas tradicionales. Requiere la búsqueda de un camino propio para llegar a los resultados deseados (Patten, 2016). Tiene su propio lenguaje, marco de referencia y metodologías. Busca la creación de una disciplina única en lugar de la creación de disciplinas fragmentadas (Ito, 2014). La antidisciplinariedad defiende el trabajo abierto y colaborativo y utiliza la imaginación como un valor para generar innovación (Brin, 2016).



Figura 56. Propuesta de clasificación integradora entre tipos disciplinarios atendiendo a la gestión colaborativa entre ellas en el ámbito académico. Descripción del modelo antidisciplinar. Fuente: Producción propia.

Capítulo 4

Pensamiento sistémico y complejidad. Desafíos y ventajas de la interacción disciplinaria

La interacción entre diferentes disciplinas abre un camino hacia la solución de los problemas emergentes con los que nos enfrentamos hoy en día y facilita la comprensión de los sistemas complejos. Lo "complejo" se puede definir como un sistema relacional "que se compone de elementos diversos",[144] y la complejidad, como un estado que es capaz de relacionar todos los elementos interconectados.[145] Según Edgar Morin, la complejidad supone un "tejido de eventos, acciones, interacciones, retroacciones, determinaciones, azares, que constituyen nuestro mundo fenoménico."[146] En el libro *Introducción al pensamiento complejo* (2005), sugiere que "el pensamiento complejo integra ... modos simplificadores de pensar, ... rechaza las consecuencias mutilantes, reduccionistas, unidimensionalizantes y ... cegadoras de una simplificación ... reflejo de … [lo] que hubiere de real en la realidad."[147]

Estrechamente vinculada a la idea de la complejidad, encontramos la Teoría General de Sistemas, surgida a mediados del s. XX con los trabajos del biólogo austriaco Ludwig Von Bertalanffy. Según esta teoría, el método analítico que descompone los problemas en partes a fin de construir y entender un conjunto, no es suficiente para tratar los problemas complejos. Los sistemas no son una mera colección de elementos, sino que suponen una interconexión entre ellos y una constante evolución y transformación de sus relaciones.

Mientras que el pensamiento sistémico se utiliza para entender el funcionamiento de lo complejo, el pensamiento complejo tiene como objetivo servir para comprender y configurar la estructura relacional del sistema y facilitar una nueva visión de los problemas de la que se pueda inferir una solución innovadora. En estos casos es necesario aplicar un enfoque holístico que incluya distintas perspectivas y puntos de vista, para generar un conocimiento relacional e inclusivo.

---

144 Complejo (sin fecha). En: *Diccionario de la lengua española. Real Academia Española*. Recuperado de: https://dle.rae.es/complejo (Consultado el 02.07.2021)

145 Complexity (sin fecha). En *Collins English Dictionary*. Recuperado de: https://www.collinsdictionary.com/dictionary/english/complexity (Consultado el 02.07.2021). "Complexity is the state of having many different parts connected or related to each other..."

146 Morin, E. (2005). *Introducción al pensamiento complejo*. Barcelona: Gedisa. Pág. 32

147 Ibidem. Pág. 22

El cuarto capítulo está dividido en dos partes.

La primera analiza las ventajas que provienen de concebir la realidad desde lo complejo. Describe las ventajas que el pensamiento sistémico y la interrelación entre disciplinas propone: emergencia de nuevas disciplinas integradoras, tratamiento complejo de los problemas y comprensión holística de la realidad.

La segunda parte trata los desafíos que la interrelación disciplinaria implica. Entre ellos se encuentra la necesidad de justificar el enfoque de acuerdo con las disciplinas que incorpora, la posibilidad de conseguir un conocimiento más profundo de los problemas que se analizan, la necesidad de incorporar la especialización en modo para gestionar la enseñanza-aprendizaje de lo profundo, y el desafío de reconocer y posicionar en el mundo profesional las actividades que son resultado del trabajo colaborativo e interrelacional entre disciplinas.

4.1. Ventajas de la interacción disciplinaria

Las relaciones entre disciplinas juegan un papel importante en lo que respecta a la investigación de lo complejo. El intercambio, la integración y el apoyo mutuo entre conocimientos y técnicas diferentes aportan importantes herramientas para la solución de problemas.

La interacción de conocimientos, metodologías, técnicas e ideas se puede observar en el día a día. La académica y crítica literaria inglesa, Dame Gillian Beer, estudia las posibilidades de unión que existen entre distintos tipos de conocimientos a nivel personal. En una conferencia sobre los desafíos de la interdisciplinariedad, pronunciada en el *Institute of Advanced Study* de la *Durham University* (Reino Unido), nos habla de las raíces de la interacción disciplinaria existentes en la vida cotidiana. Durante el día, el individuo emplea inconscientemente conocimientos y métodos para realizar determinadas tareas repetitivas. Este proceso está presente, en el individuo, tanto a nivel profesional, como a nivel personal.[148]

A nivel profesional, se analizan las ventajas que ofrece la interacción disciplinaria, partiendo de las propuestas de diferentes profesionales: el filósofo francés Edgar Morin; la artista canadiense Martha Fleming; la profesora de la *School of Molecular and Microbial Biosciences* de la *University of Sydney* (Australia), Jill Trewhella; el profesor de Estudios Interdisciplinares de la *Miami University* (EE.UU) William H. Newell; la profesora de Estudios Interdisciplinares de la *Wayne State University* (EE.UU) Jullie Klein; el Comité de Facilitación de Investigación Interdisciplinaria, compuesto por la Academia Nacional de Ciencias, la Academia Nacional de Ingeniería y el Instituto de Medicina de Washington (EE.UU); la artista inglesa Anna Dumitriu; el artista, investigador e inventor estadounidense Shawn Brixey; y el tándem artístico español compuesto por Jordi Dalmau y Lídia Górriz.

4.1.1. Nacimiento de nuevas disciplinas integradas

La interacción y la colaboración entre expertos de ámbitos de conocimiento distintos puede favorecer la creación de nuevas disciplinas y especialidades. Edgar Morin (1997) describe la historia de las ciencias como resultado de la formación de disciplinas y la ruptura de los

[148] Durham University (el 9 de mayo, 2006). *Dame Gillian Beer's Speech on the Challenges of Interdisciplinarity*. Institute of Advanced Study, Durham University. Recuperado de: https://www.dur.ac.uk/ias/news/annual_research_dinner/. (Consultado el 9.2.2017). "Trades, professions, occupations have each their particular store of expertise: plumbers, microbiologists, mothers, anthropologists, chefs, and astronomers have each particular vocabularies for their jobs but share also a wider set of cultural vocabularies: they are (probably) lovers, (perhaps) parents, certainly shoppers, and workers, and unavoidably citizen subjects whose communal futures are under the stress of national and world events."

límites que existen entre ellas. La ruptura de los límites disciplinarios propone el intercambio de conceptos como metodologías y conocimientos entre todas ellas. Morin describe el resultado de esta acción como un proceso de formación de disciplinas híbridas que tienen tendencia a integrar conocimientos.[149]

La artista canadiense Martha Fleming desarrolla su práctica artística en la intersección entre las bellas artes, las ciencias experimentales y las humanidades. Observando estas tres áreas de conocimiento por separado, Fleming percibe la necesidad de la unión de estas disciplinas y de la formación de nuevas disciplinas que las integren. En el caso del arte, esta necesidad surgió de los experimentos realizados por ciertos artistas en el campo del cine y del vídeo durante los años 70 y 80, que facilitaron el desarrollo del arte de los medios; en el ámbito de las ciencias experimentales, de la unión de la biología y la física resultó la creación de la biofísica; en el contexto de las humanidades, la filología, la lingüística y la literatura crearon juntas la semiótica. Fleming propone que la unión disciplinaria puede impulsar la creación de nuevas disciplinas resultantes de interconectar áreas de conocimiento relacionadas con el arte, la ciencia y las humanidades. Esta idea podría realizarse integrando metodologías procesales presentes en las tres áreas que incluyan la práctica, la investigación, la intervención, el análisis, la crítica, la visualización y el modelado. El enfoque interdisciplinario resultado de combinar las distintas disciplinas por procesos metodológicos compartidos, facilita el tratamiento de problemas complejos.[150]

4.1.2. Tratamiento de problemas complejos a través de la especialización y la interacción disciplinaria

El estudio de los sistemas complejos en el ámbito académico requiere conocer cómo se pueden incorporar diferentes disciplinas en un mismo proceso de investigación. En la publicación *Multidisciplinary research - an essential driver for innovation* (2009), la profesora de Biociencia Molecular y Microbial de la *University of Sydney* (Australia), Jill Trewhella, explica que el desarrollo de la especialización y el avance del conocimiento en la civilización

[149] Morin, E. (1997). Sobre la Interdisciplinariedad. *Publicaciones ICESI, Nº 62*, Enero/Marzo 1997, pp.9-15. Universidad Icesi, Cali, Colombia. Recuperado de: http://repository.icesi.edu.co/biblioteca_digital/bitstream/10906/2562/1/Sobre_interdisciplinariedad.pdf. (Consultado el 16.03.2017). Pág. 11. "La revolución biológica de los años cincuenta nació de la usurpación, contactos y transferencias entre disciplinas, en los márgenes de la física, de la química y de la biología... Podemos decir que la biología celular ha nacido de un concubinato ilegítimo. Ella no tenia ningún estatus disciplinario en los años cincuenta... "

[150] Statens Kunstfond (el 10 de junio, 2013). *Social Inclusion and Interdisciplinarity - Martha Fleming*. Recuperado de: https://www.youtube.com/watch?v=RE03kz97tcA. (Consultado el 11.01.2019). "Current interdisciplinary practices and projects are showing us how to recognize in the overlap of a range of ideas, issues and realities, ideas we've not even been a to acknowledge before. Some of these are so urgent, such as tackling climate change, that interdisciplinary practice has come to be seen as a frontline activity in problem-solving. The development of interdisciplinary methodologies to approach today's problems is in fact crucial to survival: environmental, intellectual, spiritual and cultural survival."

occidental se realizó fragmentando el mundo con el fin de poder entenderlo con más profundidad. De este modo, se crearán disciplinas y especialidades capaces de prever, o al menos de explicar, el comportamiento presente en la naturaleza, a nivel individual y/o social. Con estas disciplinas y especializaciones aparece inexorablemente la necesidad de la interacción. Trewhella utiliza los términos *multidisciplinariedad* e *interdisciplinariedad* para describir estas interacciones y destaca la importancia de realizar una colaboración profunda e integradora entre expertos para la comprensión y la resolución de problemas. Señala que este tipo de trabajo común requiere que cada uno de los participantes adquiera un conocimiento profundo sobre la metodología y los lenguajes que utilizan las otras disciplinas colaboradoras, o bien, la creación de un lenguaje común y nuevo que pueda ser utilizado por todos los participantes en la colaboración.[151]

El profesor de Estudios Interdisciplinares de la *Miami University* (EE.UU), William H. Newell, en una línea similar a la de Trewhella (2009), escribe sobre la interdisciplinariedad relacionada con el estudio de la complejidad de los sistemas. El estudio de los sistemas complejos requiere adoptar una visión holística de ellos, así como tener una visión de los elementos que lo componen y los patrones relacionales de su funcionamiento. En el artículo *A Theory of Interdisciplinary Studies* (2001), Newell observa, por un lado, el desarrollo de las disciplinas específicas dirigidas al estudio de aspectos individuales o subsistemas del sistema general. Por otro, describe la habilidad de la interdisciplinariedad para integrar las ideas de disciplinas separadas y aplicarlas en el tratamiento del problema estudiado.[152]

Las ventajas y las posibilidades que tiene la interdisciplinariedad se reflejan en varios escritos académicos. Basándose en la encuesta realizada por Newell y la profesora de Estudios Interdisciplinares de la *Wayne State University* (EE.UU), Jullie Klein, los autores elaboraron una lista en la que se recogen las motivaciones de los estudiantes a la hora de elegir un ámbito de estudio interdisciplinar. Los resultados de la encuesta se publicaron en

[151] Olds, K. (el 26 de junio, 2009). Multidisciplinary research – an essential driver for innovation. *GlobalHigherEd*. Recuperado de: https://globalhighered.wordpress.com/2009/06/26/multidisciplinary-research-an-essential-driver-for-innovation/. (Consultado el 15.02.2017). "Interdisciplinary research moves beyond simple collaboration and teaming to integrate data, methodologies, perspectives, and concepts from multiple disciplines in order to advance fundamental understanding or to solve real world problems. Interdisciplinary research requires either that an individual researcher gains a depth of understanding two or more than one discipline and be fluent in their languages and methodologies, or more frequently that multidisciplinary teams assemble and create a common language and framework for discovery and innovation."

[152] Newell, W.H. (2001). A Theory of Interdisciplinary Studies. *Issues In Integrative Studies*, Nº 19, pp. 1-25. Pág. 2. "An effective method for modeling such a phenomenon must offer insight into its separate facets as well as into the self-organizing, complex pattern produced by their overall interaction. Since the various disciplines have been developed precisely to study the individual facets or sub-systems, interdisciplinary study is a logical candidate for developing specific, whole, complex systems to study such phenomena. By definition, interdisciplinary study draws insights from relevant disciplines and integrates those insights into a more comprehensive understanding."

el *Handbook of the Undergraduate Curriculum* (1997).[153] Entre los motivos incluidos en la lista se encontraron la educación general e integral, la ocasión de adquirir experiencia profesional, la posibilidad de dar solución a determinados problemas sociales, económicos y tecnológicos, la producción de nuevos conocimientos, etc. Aunque estos motivos para elegir realizar estudios interdisciplinares son variados, todos ellos reflejan posibilidades para estudiar lo complejo.[154]

El propio fenómeno de la complejidad aparece como uno de los principales motivos del estudio interdisciplinar según el Comité de Facilitación de Investigación Interdisciplinaria, compuesto por la Academia Nacional de Ciencias, la Academia Nacional de Ingeniería y el Instituto de Medicina en Washington (EE.UU). Gracias a la complejidad los investigadores se interesan por otras disciplinas y se asocian con otros expertos. En *Facilitating Interdisciplinary Research* (2005), este tipo de interacción se describe como inevitable y sin la que las soluciones prácticas e intelectuales de una investigación no podrían ser posibles.[155]

4.1.3. Mejora de la comprensión de la realidad física y social

La aplicación de diferentes enfoques disciplinarios proporciona una visión y una mejor comprensión del mundo que nos rodea. La artista inglesa Anna Dumitriu desarrolla su trabajo artístico relacionándolo con las ciencias biológicas para crear proyectos en el ámbito del *BioArt*. Durante su carrera profesional, Dumitriu colaboró con distintos científicos (biólogos, microbiólogos, médicos, etc.) y desarrolló ideas basadas en la unión de los conocimientos del arte con la ciencia y usando metodologías, materiales y herramientas científicas. En la entrevista para la iniciativa *4 Humanities*, realizada por la investigadora e historiadora del arte Eva Kekou en 2013, Dumitriu observa el valor que la unión de las distintas disciplinas (arte, ciencia, historia, filosofía, etc.) tiene para la comprensión de la

---

153 Gaff, J. G., & Ratcliff, J. L. (1997). *Handbook of the undergraduate curriculum: A comprehensive guide to purposes, structures, practices, and change*. San Francisco, USA: Jossey-Bass Publishers.

154 Newell, W.H. (2001). A Theory of Interdisciplinary Studies. *Issues In Integrative Studies*, Nº 19, pp. 1-25. Pág. 5-6. "Interdisciplinary study prepares future professionals to confront the complex behaviors they will face on the job. It produces new knowledge by synthesizing insights from old knowledge about specific complex systems and by freeing scholars to ask new questions about them. It facilitates fundamental critique by viewing society or politics or knowledge as the dynamic product of a complex of interacting systemic forces. And by partially reorganizing the structure of the university around different categories of complex systems, it reduces the pressure for complete "coverage" of each discipline, thus eliminating an obstacle to downsizing. All seven motivations are consistent with the conception of interdisciplinarity presented in this paper."

155 National Academy of Sciences, National Academy of Engineering, Institute of Medicine (2005). *Facilitating Interdisciplinary Research*. Washington, D.C., United States of America: National Academy of Sciences, 2005. Pág. 253. "Perhaps the most common driver of interdisciplinarity toward the emergence of new disciplines is the sheer complexity of nature, which draws researchers toward the next important question, moving toward interfaces with other disciplines and partnerships with colleagues in them... The more institutions and funding organizations can help these pioneer investigators along their way, the greater the intellectual and practical rewards of research are likely to be."

realidad física y social que nos rodea. Describe el arte como una metadisciplina que hace posible la unión de conocimientos de otras disciplinas y la difusión y divulgación de sus ideas y conceptos.[156] La interacción con los científicos y el aprendizaje de conceptos propios de la ciencia, le facilitan no sólo usar la tecnología científica como un medio de expresión, sino también tratar los temas de la ciencia desde otras perspectivas distintas, como la historia y/o la filosofía.

El artista estadounidense Shawn Brixey, desarrolla su trabajo en un espacio de intersección entre el arte, la ciencia y la tecnología. En una entrevista para la revista canadiense *Style Weekly*, Brixey destaca la importancia del proceso de *hibridización del arte*, que implica la unión de distintas disciplinas y conocimientos bajo el ámbito de la producción artística. Los artistas híbridos tienen la necesidad de mirar más allá de las disciplinas artísticas tradicionales[157] para tener una nueva perspectiva sobre el mundo físico y social que nos rodea. La propuesta de Brixey sobre el artista híbrido se corresponde con la idea de la antidisciplinariedad, entendida como un ámbito de estudio que anula los límites entre disciplinas y otorga completa libertad al investigador para realizar sus proyectos.

Los artistas españoles Jordi Dalmau y Lídia Górriz, profesores de la Facultad de Bellas Artes de la Universidad de Barcelona, escriben sobre los procesos disciplinarios e interdisciplinarios presentes en la producción artística en su artículo *La Problemática Interdisciplinar en las Artes. ¿Son Disciplinas los Distintos Modos de Hacer?* (2013). Los autores consideran que las disciplinas individuales representan campos de conocimiento específicos que fragmentan la realidad. Visto así, las disciplinas por separado no son suficientes para ofrecer una visión completa sobre el mundo que nos rodea y, por lo tanto, se hace necesario la ruptura de sus límites. Opuesta a esta idea de la disciplina fragmentada aparece la interdisciplinariedad, definida como una reestructuración del conocimiento que responde al concepto de lo conflictivo y de lo complejo.[158] La interdisciplinariedad facilita la

[156] Thomas, L. (el 18 de enero, 2013). Interview with Anna Dimitriu. *4 Humanities*. Recuperado de http://4humanities.org/2013/01/dumitriu-interview/. (Consultado el 27.12.2017). "Unweaving the history of something is as important as knowing the scientific basis for it, or feeling its emotional impact viscerally. I think that under the name of Art I have found a meta-discipline that can allow me to bring all those things together and communicate them to others."

[157] Baldwin, B. (el 22 de agosto, 2017). VCU School of the Arts' New Dean Talks About His Innovative Approach to the Arts and Leadership. *Style Weekly.* Recuperado de https://www.styleweekly.com/richmond/vcu-school-of-the-arts-new-dean-talks-about-his-innovative-approach-to-the-arts-and-leadership/Content?oid=4245909. (Consultado el 05.01.2018). "I had to become a scientist and engineer to become the artist I really wanted to be. Hybridization is becoming a primary modality that many artists embrace, and art schools need to embody a culture that inspires an industry of creative daring in every community member. The beauty of the arts is we have a 40,000-year portfolio. It helps us discover what it means to be human, and we continually document that in radically new and enduring ways. Sometimes that means rediscovering work and techniques from centuries ago, or equally pioneering work that redefines the possible."

[158] Dalmau J., Górriz L. (2013). La Problemática Interdisciplinar en las Artes. ¿Son Disciplinas los Distintos Modos de Hacer? *On the Waterfront. Interdisciplinarity in Urban Desing and Public Art. Vol. 27*, pp. 48-58. Universidad de Barcelona. Pág. 52. "De aquí llegamos a comprender que lo complejo se puede llegar a solucionar con lo

comprensión de la complejidad. Propone una integración disciplinaria que pueda fácilmente transformarse en transdisciplinariedad, donde se borran los límites disciplinarios. Visto desde el punto de vista artístico, la interdisciplinariedad supone la mezcla de metodologías, técnicas, prácticas y lenguajes disciplinarios en el desarrollo de la producción artística. Con el fin de obtener un buen resultado, la interdisciplinariedad tiene que abarcar la alteridad del conocimiento que fomenta el uso de metodologías de forma flexible. La práctica artística funciona como un modelo abierto con la capacidad para integrar diferentes perspectivas y generar nuevas ideas.

interdisciplinar y ésta puede acabar en la transdisciplina. Teniendo en cuenta que las disciplinas son campos específicos de un fragmento de la realidad, es necesaria su superación porque en sí misma la disciplina es un enfoque que indica en su raíz potencial su propia expansión."

4.2. Desafíos de la interacción disciplinaria

La interacción disciplinaria y el trabajo colaborativo entre los expertos pertenecientes a distintos ámbitos de conocimiento llevan consigo algunos desafíos en cuanto al desarrollo de investigación en el ámbito académico. A continuación se van a analizar estos desafíos teniendo en cuenta los siguientes puntos: adecuación del sujeto para ser investigado por varias disciplinas y justificación de este método; medida del tiempo de aprendizaje que un profesional tiene para incorporarse a una disciplina que no es la propia; prioridad dada al aprendizaje nuevo de otras disciplinas (objetivos, estrategias metodologías); y las dificultades para incorporarse grupos profesionales específicos que se adapten a los nuevos modelos disciplinarios. El análisis incluye las propuestas de diferentes profesionales: la académica y crítica literaria inglesa Dame Gillian Beer; la lingüista y traductora finlandesa Raila Hekkanen; el profesor de Estudios Interdisciplinares de la *Miami University* (EE.UU) William H. Newell; y el investigador, músico y jefe del Departamento de Musicología de la *University of Oslo* (Noruega) Alexander Refsum Jensenius.

4.2.1. Justificación del enfoque

La aplicación de varias disciplinas en el tratamiento de un único problema requiere justificación. No todos los problemas requieren este tipo de tratamiento y, en estos casos, la interacción disciplinaria no aporta nada a su solución.

Dame Gillian Beer (2006) propone algunas preguntas relacionadas con las expectativas sobre la investigación, previas a la interacción y a la entrada en otros campos de conocimiento. Se pregunta por la razón que conduce a la interacción con otras disciplinas (si se trata de la competencia, de la apreciación del otro ámbito o simplemente de alcanzar una mejor comprensión sobre el problema estudiado). También hace referencia a las expectativas hacia los investigadores implicados en el trabajo colaborativo (si basta con que comprendan los resultados de otras disciplinas, o es necesario, además, que aprendan sus procesos de investigación).[159]

[159] Durham University (el 9 de mayo, 2006). *Dame Gillian Beer's Speech on the Challenges of Interdisciplinarity*. Institute of Advanced Study, Durham University. Recuperado de: https://www.dur.ac.uk/ias/news/annual_research_dinner/. (Consultado el 9.2.2017). "We need to think about what we are hoping for in moving away from rigid specialisation. Is it competence? appreciation? understanding? In opening up lines of communication between differing fields do we expect that it will be possible for people to follow the processes in other fields of learning (often highly technical) or that they will be able to understand the outcomes? Or are we really most concerned with people being able to engage with the issues raised by research? That is, are we hoping, through these conversations between fields to produce an informed populace who can appraise the choices being made by specialists."

La lingüista y traductora finlandesa Raila Hekkanen, escribe sobre las ventajas y desafíos de la multidisciplinariedad en el artículo *Problems and advantages of multidisciplinarity: Some practical observations from a multidisciplinary Translation Studies project* (2011), publicado en la página web de la Asociación Finlandesa de Traductores e Intérpretes con motivo del simposio de traducción e interpretación, *KäTu*. La autora reconoce la importancia que supone para el enriquecimiento personal el trabajo en varias disciplinas y su posibilidad de contribuir y satisfacer diferentes necesidades. Sin embargo, el enfoque multidisciplinario tiene que aplicarse solamente si hay una buena base para realizar la investigación de este modo. La problemática de la investigación multidisciplinaria se refleja en la división del conocimiento y la experiencia del investigador entre diferentes enfoques que pueden sumergirlo en un ámbito nuevo y desconocido. Para poder trabajar con distintos enfoques, es necesario invertir tiempo en su aprendizaje y perfeccionar las habilidades relacionadas con cada área de conocimiento. Por lo que respecta a la publicación del resultado de la investigación, es necesario presentar cada uno de los enfoques utilizados y justificar su uso.[160]

Newell (2011) señala que la aplicación de varias disciplinas es posible solamente sobre aquellos objetos que necesitan ser estudiados desde aspectos diferentes. Este tipo de objetos el autor los denomina *objetos multifacéticos*, y se caracterizan por estar compuestos de elementos y por requerir un enfoque interdisciplinario para su estudio. Los objetos multifacéticos están presentes en los sistemas complejos y están compuestos por subsistemas cuyo comportamiento no es lineal o fácilmente predecible.[161] Basándose en este concepto, Newell propone tres tipos de investigación y de enfoques asociados a las características de estos objetos:

---

[160] Hekkanen, R. (2011). Problems and advantages of multidisciplinarity: Some practical observations from a multidisciplinary Translation Studies project. *MikaEL - Electronic proceedings of the KäTu symposium on translation and interpreting studies, Vol.5*. Recuperado de: https://www.sktl.fi/@Bin/85372/Hekkanen_MikaEL2011.pdf. (Consultado el 16.03.2017). Pág. 3. "Combining several disciplines always means the researcher's resources – including time and expertise development – must be divided between different approaches, several of which may be relatively new to the author (particularly in the early stages of a research career). Dividing a limited amount of research resources between a higher number of takers inevitably means less resources per taker; in practice, the researcher is left with less time to focus on learning the nuances of each approach or hone her skills in each area... Once tangible results are obtained, writing out the results in article or book form requires careful planning to ensure all approaches used are presented and an extremely precise explanation is given as to how and why they are being combined. While the reasons may be evident to the researcher, an outside audience may find it difficult to understand e.g. the rationale for using "too many" or "too different" approaches at once."

[161] Newell, W.H. (2001). A Theory of Interdisciplinary Studies. *Issues In Integrative Studies*, Nº 19, pp. 1-25. Pág. 2. "The phenomena modeled by most complex systems are multi-faceted. Seen from one angle, they appear different than they do from another angle, because the viewers see facets (represented as sub-systems) where different components and relationships dominate... Because the various facets are connected by nonlinear relationships, the overall pattern of behavior of the phenomenon (and thus the system) is not only self-organizing but also complex. As such, the pattern is only quasi-stable, partly predictable, and dynamic."

- Monodisciplinar. En el caso de un objeto de estudio monofacético, la investigación se desarrollará aplicando el enfoque de una única disciplina.
- Multidisciplinar. En el caso de un objeto de estudio multifacético, donde no hay coherencia entre sus facetas o elementos, es necesario aplicar un enfoque multidisciplinar. La necesidad de integración entre disciplinas no existe, siendo suficiente que los expertos trabajen de forma independiente entre sí centrándose todos en el mismo objeto de estudio.
- Interdisciplinar. En el caso de un objeto de estudio multifacético, es necesario aplicar un enfoque interdisciplinar. Este enfoque supone la integración de todas las disciplinas.

4.2.2. Aprendizaje y profundidad del conocimiento

La aplicación de varias disciplinas en la investigación requiere aprender y conocer otras disciplinas. Dado que el trabajo implica la integración simultánea de los conocimientos, métodos y lenguajes de las distintas disciplinas involucradas, se plantea la pregunta de en qué medida un individuo es capaz de aprender y profundizar en el conocimiento de los diferentes matices de las epistemologías de todas ellas.

Beer (2006) remarca la dificultad de aprender, a corto plazo, los métodos, los conceptos, los lenguajes y los procesos de nuevas disciplinas diferentes, cuando los expertos han empleado muchos años, o incluso toda su vida, estudiando y aprendiendo acorde al método de análisis propio de su disciplina nativa. Aparte del aprendizaje sobre los conceptos básicos cabe preguntarse por la metodología aplicada en el trabajo interdisciplinario. Si uno domina bien los métodos de su propia disciplina, su aplicación a los materiales de otras puede ser útil y fructífero. El aprendizaje sobre las otras disciplinas abre nuevos puntos de vista, pero los conocimientos profundos sobre la disciplina nativa pueden ser cruciales en el aporte a la formación del nuevo conocimiento integrante.[162]

Hekkanen (2011) analiza la problemática de trabajar con una variedad de materiales diferentes, a veces desconocidos, a nivel práctico-teórico. Este problema está presente, especialmente, en el caso de los investigadores nuevos, quienes aún no tienen suficiente experiencia ni el conocimiento requerido sobre ciertos enfoques y sobre el uso de los

[162] Durham University (el 9 de mayo, 2006). *Dame Gillian Beer's Speech on the Challenges of Interdisciplinarity*. Institute of Advanced Study, Durham University. Recuperado de: https://www.dur.ac.uk/ias/news/annual_research_dinner/. (Consultado el 9.2.2017). "If I have not studied molecular biology or Old Norse at large, what value can I add to debates that may draw on their materials? Others have spent years acquiring the skills that the interdisciplinarian needs... Are we accessing others' materials but still applying the mode of analysis learnt in our native discipline, or are we seeking new methods of analysis too? Either of these approaches may in fact yield fruit. And it is essential that we do not abandon the long learnt skills that go with our own disciplinary formation: they will be fundamental in any contribution we can make to new knowledge."

materiales disponibles. La falta de tiempo durante la investigación ralentiza el aprendizaje de los matices de cada enfoque aplicado, lo que deriva en dificultades para la comprensión de su uso.

4.2.3. Estimación de la especialización

Un desafío añadido de la aplicación de varias disciplinas en la investigación puede ser la estimación de la especialización. En este caso, la atención recae en el aprendizaje sobre varios ámbitos en lugar de profundizar en el de una sola disciplina. El énfasis está, por consiguiente, en la amplitud del conocimiento más que en la profundidad.

Beer (2006) advierte del peligro del trabajo crosdisciplinar, que puede minimizar el valor de una sola disciplina. Un conocimiento profundo sirve como base y es necesario para el desarrollo de la crosdisciplinariedad. Sin embargo, conlleva el peligro de generar meros discípulos como consecuencia de la falta de conocimiento sobre el resto de áreas de estudio. Los problemas tratados por otros expertos corren el riesgo de ser subestimados y de ser considerados demasiado simples. El trabajo ajeno se valorará más en la medida en que se aprendan los procesos y métodos de esas otras disciplinas.[163]

4.2.4. Posicionamiento de la actividad profesional en el ámbito académico

En ocasiones, el trabajo en distintos ámbitos conlleva para el sujeto el desafío de permitirle posicionarse adecuadamente, tanto él mismo como su trabajo, dentro del ámbito académico. La persona que opera en áreas múltiples, con frecuencia no puede clasificar su actividad y le resulta difícil explicar en qué consiste.

Jensenius (2012) explica este problema partiendo de su propia experiencia en la aplicación de distintos conocimientos a una investigación determinada. Con formación en campos como la música, la física o las matemáticas, su investigación actual se desarrolla en el ámbito de la Musicología, la Tecnología musical, la Cognición musical y la relación entre la música y el movimiento. Clasifica su propio trabajo en la zona existente entre lo multidisciplinar e interdisciplinar. Integrando el conocimiento y la metodología musical, la informática, la psicología y la ciencia del movimiento, intenta crear una perspectiva holística y encontrar un planteamiento adecuado a todos los grupos disciplinarios con los que

[163] Durham University (el 9 de mayo, 2006). *Dame Gillian Beer's Speech on the Challenges of Interdisciplinarity*. Institute of Advanced Study, Durham University. Recuperado de: https://www.dur.ac.uk/ias/news/annual_research_dinner/. (Consultado el 9.2.2017). "I've often noticed that those most sceptical in their own field can collapse into a respectful heap in relation to another discipline. The converse of this is true as well: the problems preoccupying those working in another discipline may sometimes (initially, arrogantly) seem quite simple – because we are not familiar with the build up of arguments across time that has reached this moment of dilemma… Concentrated learning needs to be valued too, indeed, is fundamental to the health of cross-disciplinary work."

trabaja. Desarrollando su actividad en distintos ámbitos simultáneamente, Jensenius observa la problemática de clasificación de su propio trabajo y su adecuación a diferentes grupos disciplinarios. Su propia visión acerca de la enmarcación de su trabajo, se ve modificada en función de con quién interactúe: en contacto con profesionales de la tecnología se siente como investigador musical, mientras que el contacto con músicos le hace sentirse como un tecnólogo. El autor sugiere que el sentimiento de una posición no definida puede ser la causa y un obstáculo en el desarrollo de un enfoque verdaderamente interdisciplinario, en el que existe un alto nivel de integración de los elementos de todas las disciplinas participantes.[164]

[164] Jensenius, A.R. (el 12 de marzo, 2012). Disciplinarities: intra, cross, multi, inter, trans. Alexander Refsum Jensenius. Recuperado de: http://www.arj.no/2012/03/12/disciplinarities-2/. (Consultado el 15.02.2017). "However, I often feel that I have to choose approach when presenting my work for different (disciplinary) groups. Then I feel like a music researcher when talking to technologists, and as a technologist when talking to music people. This could mean that I have not been able to develop my ideas into a truly interdisciplinary approach, yet... After all, many of the interesting things I come across are based on the "friction" I encounter when working between the different disciplines."

PARTE 3

VÍNCULOS ARTE-CIENCIA EN LA CREACIÓN CONTEMPORÁNEA. ESTUDIO DE CASOS DE PROYECTOS Y DE ORGANIZACIONES INSTITUCIONALES ARTÍSTICO-CIENTÍFICAS

La interacción artístico-científica se refiere a cualquier tipo de relación entre la actividad de los artistas y la actividad de los científicos. Por un lado, esta relación supone la transmisión de información de un campo de conocimiento a otro, donde el artista aprende sobre un tema específico de investigación científica y utiliza este conocimiento en su producción artística. Por otro, este proceso puede implicar un contacto directo y personal entre los artistas y los científicos que colaboran y desarrollan un proyecto común. La tercera parte está dividida en tres capítulos.

El quinto capítulo realiza un estudio de casos de proyectos artísticos contemporáneos relacionados con temas conceptuales y operativos propios de la ciencia y/o de los avances tecnológicos. Establece una clasificación de las propuestas según los ámbitos de conocimiento que trata: botánica, entomología, anatomía, neurociencia, genética, microscopía, sistemas generativos, patrones de la naturaleza, ecosistemas y bioingeniería. Rescata formatos expositivos históricos de estos ámbitos y los relaciona con los dispositivos creadores que producen los artistas contemporáneos elegidos.

El sexto capítulo realiza un estudio de casos de las organizaciones e instituciones dedicadas a la promoción y/o la divulgación de trabajos colaborativos arte-ciencia. Para realizar el estudio las clasifica cronológicamente, según el año de su fundación. Se incluye información sobre datos históricos y modelos estratégicos de gestión de organizaciones (misión, visión y valores). Incorpora la programación que proponen en cuanto a actividades y convocatorias, y muestra los modelos de financiación específicos que utilizan.

El séptimo capítulo realiza un análisis comparativo y relacional de los creadores y de las organizaciones e instituciones seleccionados en el estudio de casos previo. Realiza un estudio del perfil de los creadores teniendo en cuenta su localización/ubicación geográfica, el ámbito científico que tratan, los medios tecnológicos que utilizan, su formación curricular, y las estrategias estéticas que utilizan para la presentación de sus proyectos. Incorpora un análisis cualitativo de las organizaciones e instituciones teniendo en cuenta el marco cronológico de sus años fundacionales, su localización geográfica, el área profesional que cubren según la formación curricular de sus fundadores, su vinculación con el ámbito académico y/o de investigación, los principios fundacionales que proponen, el tipo de actividades que ofrecen y los modelos de financiación que utilizan.

Capítulo 5

Creación artística contemporánea situada en interacción con la ciencia

La difusión de los avances científicos y tecnológicos han contribuido a la generación y el desarrollo de proyectos artísticos contemporáneos relacionados con arte-ciencia-tecnología-sociedad. Por un lado, los artistas usan como referente conceptos vinculados al mundo de la ciencia. Por el otro, utilizan tecnologías innovadoras como herramientas de producción artística y/o como elementos estéticos que forman parte de sus dispositivos creativos. La complejidad del desarrollo de estos proyectos requiere, por un lado, una colaboración estrecha entre profesionales con un bagaje curricular específico, y, por el otro, el uso de disciplinas diferenciadas.

El quinto capítulo de este proyecto analiza un total de 100 proyectos de arte contemporáneo relacionados con la ciencia, realizados por 61 creadores de diferentes partes del mundo. Los autores de las obras se clasifican como “creadores” y no como “artistas”, ya que algunos de ellos desarrollan su actividad profesional fuera del campo artístico y tienen además vocación científica.

El capítulo está dividido en ocho partes que se corresponden con ocho ámbitos de investigación científica diferenciados: botánica; entomología; anatomía; neurociencia; genética; microscopía; modelos generativos y patrones de la naturaleza; ecosistemas bio y bioingeniería. En primer lugar, cada una de estas partes recoge un estudio histórico de modelos de representación e interpretación del conocimiento y propone formatos de exposición propios de estos sistemas organizativos. En segundo lugar, analiza proyectos de arte contemporáneo incluyendo los lenguajes intersubjetivos que utilizan.

5.1. Botánica. Representaciones fitológicas y lenguajes específicos del arte contemporáneo

Las obras de arte seleccionadas para el análisis se encuentran clasificadas en dos grupos. El primero de ellos reúne obras inspiradas en el campo de la botánica y producidas desde la antigüedad hasta principios del siglo XX. El segundo grupo incluye obras de arte contemporáneo, igualmente dedicadas a temas botánicos, producidas a finales del s.XX y durante el s.XXI. El objetivo del análisis es mostrar el desarrollo de la relación arte-ciencia a lo largo de la historia hasta nuestros días, así como los cambios que surgieron en los medios utilizados y en la forma de representar las plantas.

5.1.1. Herbarios. Modelos de representación del conocimiento: formas escultóricas, ilustraciones y fotografías

Observando el desarrollo histórico de la relación arte-botánica, se pueden apreciar notables cambios en lo relacionado con la representación vegetal. El primer tipo de obras incluye imágenes estilizadas de especímenes botánicos, en los que el enfoque se centra más en la composición y en la atracción visual, que en la exactitud de la representación de la planta. Este tipo de obras está presente en las representaciones botánicas de la antigüedad, o en las obras decorativas aplicadas sobre distintos objetos. El segundo tipo incluye obras caracterizadas por la precisión y los detalles que contribuyen a la compresión sobre especímenes botánicos concretos. Este tipo de obras aparece en el área de la ilustración científica y supone el trabajo desarrollado por un artista en estrecha colaboración con un científico.

Una de las primeras presentaciones botánicas se puede encontrar en el antiguo Egipto, esculpida en piedra. En la tesina *Arte y botánica. Una historia de las flores en el arte* (2014), la arquitecta paisajista Paula Rial observa las representaciones botánicas en la tumba de Tutmosis III en Luxor (Egipto). Según la autora, se trata del primer ejemplo reconocible de representaciones botánicas que se encuentran en "... un friso de piedra con dibujos de 275 plantas, que... representan todas las plantas conocidas de Siria."[165] Otras representaciones de plantas de esta época están presentes en el complejo de templos de Karnak, en Luxor (Egipto), en el vestíbulo que contiene la presentación del jardín botánico de Tutmosis III. Se trata de las representaciones de la fauna y la flora del Imperio Nuevo de Egipto que Tutmosis III hizo esculpir en bajo relieve (figura 57).

[165] Rial, P. (2014). *Arte y botánica. Una historia de las flores en el arte*. (Tesis de pregrado). Facultad de Arquitectura, Universidad de la República, Montevideo, Uruguay. Pág. 5.

Las primeras ilustraciones botánicas caracterizadas por presentar un mayor detalle en la representación de los especímenes, aparecen con los libros de plantas medicinales. En el artículo *Better than a thousand words: Botanical artists blend science and aesthetics* (1999), la divulgadora de la ciencia Elia Ben-Ari escribe sobre el *Codex Vindebonesis* (*Códice de Viena*) del s.VI, una de las copias más antiguas del libro *De Materia Medica*, escrito en el s.I e.c. por el médico y botánico de la antigua Grecia, Dioscórides. Este libro fue escrito originalmente en griego y luego traducido al latín y renombrado con el título de *De Materia Medica*. El *Códice de Viena* fue copiado en el siglo VI para uso de las familias del orden social de los patricios en la Antigua Roma (figura 58). Hoy en día se conserva en la Biblioteca Nacional de Austria, en Viena. Ben-Ari indica que los libros de este tipo fueron producidos y copiados durante la Edad Media en diferentes países e idiomas, resultando cierta falta de precisión en cuanto se trata de la traducción. Un problema añadido apareció con la exactitud morfológica de los especímenes botánicos representados en las imágenes, ya que muchos artistas copiaban las ilustraciones de otros ejemplares del libro y no dibujaban los especímenes desde la observación directa.



Figura 57. Jardín botánico de Tutmosis III, Karnak, Luxor, Egipto (1450 a.e.c.) Fuente: https://thegardenstrust.blog



Figura 58. *Codex Vindebonesis, Artemisia absinthium,* Biblioteca Nacional de Austria en Viena (s. VI). Fuente: www.pinterest.es

Con el desarrollo de la imprenta en el siglo XV, el proceso de copia de libros se multiplicó, lo que incidió en una mejor divulgación de la cultura. Paula Rial (2014) señala que el *Herbario Apulei (Herbarium Apuleii Platonici)* (1481), atribuido al autor de origen desconocido, Pseudo-Apuleius, también conocido como Sextus Apuleius Barbarus, contiene las primeras imágenes impresas de flores. El *Herbarum vivae eicones* (1530), del teólogo y botánico alemán Otto Brunfels, contiene ilustraciones realizadas por Hans Weiditz, artista perteneciente a la escuela de Durero.

El siglo XVIII se considera la edad de oro del arte botánico. Esta fascinación por el mundo de las plantas se extendió al siglo XIX, cuando se llevaron a cabo varias expediciones que propiciaron el descubrimiento de muchas especies botánicas nuevas. Ben-Ary (1999) describe las estrechas colaboraciones desarrolladas entre artistas y científicos durante esta época con el objetivo de lograr representaciones exactas y realistas de los nuevos especímenes.[166] En el mismo período fue introducido un nuevo sistema de nomenclatura vegetal a manos del botánico sueco Carlos Linneo, basado en las partes masculinas y femeninas de las plantas (Rial, 2014). El botánico e ilustrador alemán, Georg Ehret, colaboró con Linneo dibujando este sistema de clasificación. La libertad creativa de los autores de las ilustraciones botánicas, radicaba en el poder de cambiar la realidad de una forma sutil, presentando diferentes estados de la misma planta (una flor en sus fases de yema, floración y semilla simultáneamente). En el caso de Linneo y Ehret, el científico y el artista decidían juntos qué características particulares acentuar o distorsionar de como se ve naturalmente el espécimen (figura 59).

A finales del siglo XVII y principios del XVIII apareció el trabajo de Maria Sybilla Merian, naturalista y exploradora alemana, destacada por sus ilustraciones de plantas e insectos. Sus ilustraciones representan las flores comunes (tulipanes, peonías, lirios, etc.) en acuarela, realizadas durante la época de su estancia en Núremberg (Alemania). Fueron publicadas entre los años 1675 y 1680 en su primer libro, *Blumenbuch* (*Libro de las Flores*), para luego ser reimpresas con el nombre *Neues Blumenbuch* (*Nuevo Libro de las Flores*) (figura 60). Paula Rial (2014) describe las ilustraciones publicadas en esta edición como grabados que combinan la sensibilidad artística con la seriedad científica, "... delicadamente pintados a mano con un muy buen uso de luces y sombras, agrupando flores en guirnaldas o boquetes e incluyendo insectos como mariposas y orugas."[167]

En el s.XVIII apareció el trabajo de la científica y fotógrafa inglesa Anna Atkins. Su obra se considera la primera en mostrar fotografías de algas. Además de tener un profundo conocimiento en el campo de botánica, Atkins también se dedicaba a la ilustración científica, visualizando los objetos de investigación científica. Su obra más famosa, *Photographs of British Algae: Cyanotype Impressions* (1843), fue autopublicada por la artista y difundida como un complemento al libro del científico inglés William Harvey, *Manual of*

[166] Ben-Ari, E.T. (1999). Better than a thousand words: Botanical artists blend science and aesthetics. *BioScience, Vol. 49*, Issue 8, 1 August 1999, pp. 602–608, https://doi.org/10.2307/1313435. Pág. 602-603. "This era saw the development of scientific botany and an interest in finding new species. Botanists and naturalists often worked closely with artists who could provide accurate and detailed studies of plants in the field and specimens brought back from faraway lands. During this same period, a popular pursuit among wealthy amateur horticulturists in Europe was the cultivation of exotic plants, notably tulips, in their gardens and greenhouses. And these rich plant collectors, too, employed artists to accurately record their treasured specimens."

[167] Rial, P. (2014). *Arte y botánica. Una historia de las flores en el arte*. (Tesis de pregrado). Facultad de Arquitectura, Universidad de la República, Montevideo, Uruguay. Pág. 14.

British Algae (1841). Las imágenes de las algas marinas del libro de Atkins siguen la nomenclatura en los títulos de especímenes hecha por Harvey. Están realizadas con fotogramas de cianotipos (figura 61), proceso fotográfico inventado por el científico inglés John Herschel en 1842. El libro se considera la primera publicación ilustrada con imágenes fotográficas. Atkins explica, en la introducción de su libro, que la motivación principal para hacer este tipo de imágenes radica en la dificultad de crear dibujos exactos de especímenes tan pequeños como las algas.[168]



Figura 59. Georg Ehert, *Clariss. Linnæi, M.D. Methodus plantarum sexualis in Sistemate Naturæ descripta* (1736). Fuente: www.researchgate.net



Figura 60. Maria Sibylla Merian, *Tulpen* En *Neues Blumenbuch* (1677). Fuente: https://commons.wikimedia.org

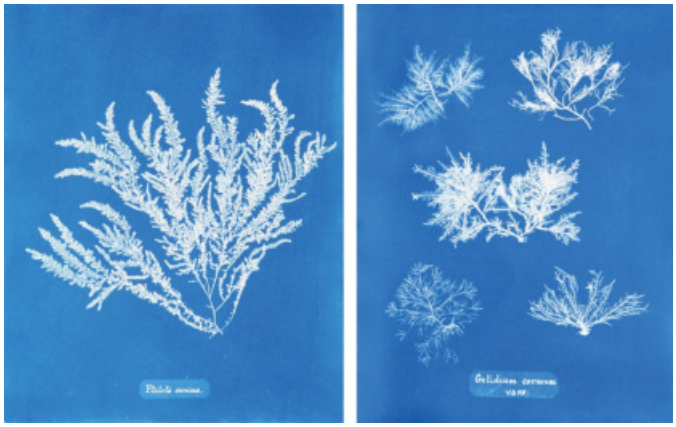


Figura 61. Anna Atkins, *Photographs of British Algae: Cyanotype Impressions*. De izquierda a derecha: *Ptilota sericea; Gelidium Corneum Vars* (1843). Fuente: https://digitalcollections.nypl.org

[168] Atkins, A. (1843). Photographs of British Algae: Cyanotype Impressions. Vol. 1. Halstead Place, Sevenoaks, England: Anna Atkins. Pág 3. "The difficulty of making accurate drawings of objects so minute as many of the Algae and Conferae, has induced me to avail myself of Sir John Herschel's beautiful process of Cyanotype, to obtain impressions of the plants themselves, which I have much pleasure in offering to my botanical friends."

Entre las obras artísticas que hicieron aportes a la ciencia se pueden encontrar las pinturas botánicas de la bióloga y artista inglesa del siglo XIX, Marianne North. Su entorno personal fue inusual, en comparación con otros artistas que trabajaban en el mismo ámbito. Al pertenecer a una familia noble, North tuvo ocasión de estar permanentemente rodeada de arte, especialmente de música y de pintura. Fue una de las pocas mujeres de la época que tuvo oportunidad de viajar, de participar en expediciones científicas y de descubrir especies exóticas del mundo botánico. La mayoría de los especímenes coleccionados y pintados por North no eran aún conocidos por los científicos europeos de la época. Las plantas exóticas formaron la base de su trabajo artístico, creado por ilustraciones botánicas. North a menudo incluía el paisaje en sus imágenes, señalando de esta forma el origen de los especímenes botánicos representados (figura 62). El interés por la forma de las plantas y el espíritu explorador de Marianne North han sido la clave de su contribución a la investigación científica. Al volver a Inglaterra después de su último viaje, North donó una gran cantidad de pinturas al Real Jardín Botánico de Kew (figura 63), donde hoy en día se pueden visitar.



Figura 62. Marianne North, *Foliage and Fruit of the Wampee and American Passion Flower*, óleo sobre tabla (1878). Fuente: www.wayfair.co.uk



Figura 63. Marianne North, colección botánica, Real Jardín Botánico de Kew (Reino Unido). Fuente: https://twitter.com

A finales del siglo XIX aparecieron los modelos botánicos de la empresa Brendel, en Breslavia (Polonia) y Berlín (Alemania), con el objeto de cubrir las necesidades científicas que surgieron en la metodología docente universitaria. La empresa fabricaba esculturas de flores sobredimensionadas que representaban, con gran realismo, su anatomía hasta el último detalle. Fue fundada en 1866 en Breslavia (Polonia) por Robert Brendel, y heredada por su hijo Reinhold Brendel. La colaboración de Robert Brendel con el farmacéutico Carl Leopold Lohmeyer y con el director de la Estación Agrícola de Breslavia, Ferdinand Cohn, fue la clave para el desarrollo de los modelos botánicos. Lohnmeyer y Cohn aconsejaron a

Brendel desde el punto de vista científico, indicándole cómo realizar la producción de sus modelos y ayudándole a ampliar el enfoque de las especies de plantas medicinales a otras plantas utilizadas en agronomía o en la producción de cultivos. Los modelos de la empresa Brendel fueron utilizados en la docencia universitaria durante el siglo XIX en Europa y América. Se dejaron de usar en el siglo XX y se almacenaron sin ser inventariados en diferentes universidades. Más de 180 ejemplares producidos por la empresa Brendel se conservan aún en la Facultad de Farmacia en la Universidad Complutense de Madrid. Los profesores Graziana Fiorini, del Departamento de Biología, y Luana Maekawa y Peter Stiberc, del Departamento de Conservación de la Universidad de Florencia (Italia), describen cómo eran los modelos de Brendel en el artículo *Save the Plants: Conservation of Brendel Anatomical Botany Models* (2008) y abordan el tema de la conservación de las piezas. Cada modelo fue creado usando una gran variedad de materiales, como el papel maché, la madera, el yeso y la gelatina como base. Su objetivo era imitar las texturas originales de los especímenes botánicos. La forma de construcción de los modelos Brendel se realizó de forma estandarizada. Todos los modelos botánicos tienen el soporte fabricado en madera, formando una estructura de entre 50 y 60 cm de altura como promedio. Dependiendo del número de elementos de la planta representada, se hicieron soportes con una, dos, tres o incluso cuatro perillas sostenedoras. Cada modelo tenía una etiqueta circular en la parte superior de la base que indicaba la nomenclatura latina, el nombre genérico común de la planta, el número de serie de la colección, la escala del objeto y el nombre de la empresa (figura 64). Los modelos botánicos de la empresa Brendel fueron producidos en la época de los grandes descubrimientos científicos y tecnológicos de finales del siglo XIX y de inicio del siglo XX.[169]

El libro del biólogo alemán Ernest Haeckel, *Kunstformen von der Natur* (*Formas de Arte en la Naturaleza*)[170], incluye más de cien ilustraciones impresas de varios organismos vivos, muchos de los cuales son descritos por primera vez por el autor. El libro se publicó en 1904 en dos volúmenes. Las imágenes incluidas en el libro tienen su origen en bocetos y acuarelas creados por el propio Haeckel. Posteriormente fueron impresas por el litógrafo Adolf Giltsch. Todas las ilustraciones publicadas en el libro están agrupadas en tablas (figura 65).

---

[169] Fiorini G., Maekawa L. & Stiberc P. (2008). Save the Plants: Conservation of Brendel Anatomical Botany Models. En: Hinz, J. & Baker W. (Eds.) The Book and Paper Annual, Vol. 27. AIC 36th Annual Meeting, April 21–24, 2008, Denver, Colorado. pp. 35-45. Washington, D.C., USA: AIC. Pág. 35. "The late nineteenth century and first decades of the 1900s was a time when science, technology, and culture were quickly changing and developing, leading society into a new, modernized era... By the end of the nineteenth century, schools at all levels were busy modernizing and bringing teaching methods and science disciplines up to date. The demand for teaching models was substantially increased."

[170] Haeckel, E. (1889-1904). *Kunstformen von der Natur*. Zweite Sammlung. Leipzig und Wien: Verlag des Bibliographischen Instituts, 1904.



Figura 64. Modelos botánicos producidos por la empresa Brendel (siglo XIX)
Fuente: www.1stdibs.co.uk

Los organismos están representados con mucho detalle, posicionados de una manera específica sobre cada tabla, formando una distribución peculiar y visualmente atractiva. El libro y las imágenes de Haeckel tuvieron un gran impacto en la investigación científica y en la producción artística de principios del siglo XX. No solo representaron algunos especímenes de plantas u otros organismos por primera vez, contribuyendo así a la investigación científica en el área de la biología, sino que también influyeron en el trabajo de otros científicos y artistas que se sintieron atraídos por el detalle de su propuesta y su composición. Sus imágenes de radiolarios, organismos minúsculos ameboides, fueron de gran utilidad para los microscopistas, mientras que el uso de los colores y la distribución compositiva de los elementos representados en el libro de Haeckel influyeron en el trabajo de muchos artistas vinculados al Art Nouveau.



Figura 65. Ernst Haeckel, *Kunstformen der Natur*. De izquierda a derecha: *Nepenthaceae*, Tabla 62; *Siphoneae*, Tabla 64 (1904). Fuente: https://commons.wikimedia.org

Tras los modelos botánicos de Brendel, apareció la obra de Karl Blossfeldt, fotógrafo, escultor y profesor de la *Vereinigten Staatsschulen für Freie und Angewandte Kunst* (Escuelas Reunidas de Artes Libres y Aplicadas) de Berlín (Alemania). Fascinado por el mundo de la naturaleza y el modo de crecimiento y desarrollo de las plantas, se dedicó a hacer fotografías ampliadas de especies vegetales, destacando sus estructuras y su belleza. Similares a los modelos de Brendel, las fotografías de Blossfeldt revolucionaron el ámbito de la docencia universitaria. Facilitaron la sustitución de los modelos de plantas reales por imágenes de representaciones aumentadas de las plantas, lo que contribuyó a la solución del problema de la preservación de los especímenes reales. Además, las fotografías de Blossfeldt ofrecieron una comprensión mejorada de la anatomía de las especies. Blossfeldt fue un fotógrafo autodidacta e inventor. Construyó su propia cámara fotográfica con un fuelle de longitud de casi un metro y una lente especial que podía aumentar la imagen hasta 30 veces. La estructura de la cámara fue descrita por la investigadora y conservadora de fotografías del Museo de Arte Moderno de Nueva York (EE.UU), Hanako Murata, en el artículo *Material Forms in Nature: The Photographs of Karl Blossfeldt* (2014).[171] La posibilidad de aumento de las imágenes que le permitió el diseño de su cámara, le ayudó a capturar la estética microcósmica de diferentes especímenes botánicos y mostrar los detalles minúsculos de especies naturales, difíciles de observar para los estudiantes. Su obra incluye alrededor de 6000 fotografías, realizadas durante casi tres décadas. Las fotografías destacan los detalles de la estructura morfológica de las plantas de forma aislada sobre un fondo plano, destacando a la vez su estructura artística y arquitectónica (figura 66). Hanako Murata (2014) adjunta la carta de Blossfeldt escrita en 1906 al director del Museo Real de Artes y Oficios de Berlín (Alemania), donde el artista explica la dificultad de observar las formas complejas de las plantas a nivel mínimo, al tiempo que presenta la solución a este problema a través de sus imágenes.[172] Aunque las fotografías de Blossfeldt fueron creadas para cubrir necesidades docentes, en el año 1926 se empezaron a observar como obras de arte cuando fueron expuestas por primera vez en la galería de arte *Nierendorf* en Berlin (Alemania). Dos años después, su obra fue publicada bajo del título *Urformen der Kunst* (*Las formas originales del Arte*)[173] (1928). Unos años después apareció el libro

[171] Murata, H. (2014). Material Forms in Nature: The Photographs of Karl Blossfeldt. En: Mitra A., Lee A.D, and Morris Hambourg, M. (Eds.) Object:Photo. Modern Photographs: The Thomas Walther Collection 1909–1949. An Online Project of The Museum of Modern Art. pp. 1-13. New York: The Museum of Modern Art. Recuperado de: http://www.moma.org /interactives/objectphoto/assets/essays/Murata.pdf. (Consultado el 16.07.2017). Pág. 2. "With a bellows approximately one meter long, the camera also permitted him to magnify even the tiniest and most delicate plant forms, which he printed at a scale considerable for the time."

[172] Ibidem. "There plants are a treasure trove of forms — one which is carelessly overlooked only because the scale of shapes fails to catch the eye and sometimes this makes the forms hard to identify. But that is precisely what these photographs are intended to do — to portray diminutive forms on a convenient scale and encourage students to pay them more attention..."

[173] Blossfeldt, K. (1928). Urformen der Kunst. Photographische Pflanzenbilder. Erste Verlag. Berlin: Ernst Wasmuth Verlag GmbH & Co.

Wundergarten der Natur (*El jardín maravilloso de la naturaleza*)[174] (1932), donde Blossfeldt observa la perfección constructiva de la naturaleza y la propone como punto de partida para otras áreas de conocimiento.



Figura 66. Karl Blossfeldt, *Adiantum pedatum*. Imagen aumentada 8x (1928). Fuente: https://ipoxstudios.com

5.1.2. Estudio de casos. Procesos, sistemas y dispositivos de modelización de la flora

El presente proyecto de investigación incluye el análisis de una selección de proyectos realizados por creadores de diferentes partes del mundo que tratan el ámbito de la botánica y se relacionan con la ciencia de distintas formas. Lo que caracteriza estas obras es la diversidad de las técnicas expresivas enfocadas en su realización. Se pueden observar técnicas artísticas tradicionales (pintura, dibujo, grabado, escultura), manufacturas textiles y bordados, uso de la tecnología digital y de ordenadores, y uso de partes de las mismas plantas. Las obras de arte contemporáneo seleccionadas para el análisis, centradas en el campo de la botánica, están clasificadas en tres grupos, según la forma en que tratan las plantas y los materiales que utilizan. El primer grupo incluye las obras que se inspiran en la morfología de las plantas, y en su reproducción utilizan técnicas constructivas procedentes de la artesanía textil, el tejido y el bordado. El segundo grupo utiliza sistemas de órganos de plantas radiculares (las raíces) y de vástago (tallos, hojas y yemas). El tercer grupo se centra en el crecimiento de patrones vegetales.

[174] Blossfeldt, K. (1932). Wundergarten der Natur. Neue Bilddokumente schöner Pflanzenformen. Erste Verlag. Berlin: Verlag für Kunst und Wissenschaft

1. Mimesis de los aspectos morfológicos de las plantas. Tatyana Yanishevsky, Lesley Richmond y Meredith Woolnough

El proyecto *The Knit Garden* (2004-2011) de la artista rusa, residente en Estados Unidos, Tatyana Yanishevsky, replica las formas naturales de las flores utilizando fibras tejidas. Todas las piezas están reproducidas a tamaño aumentado, con hilos de diferentes colores, teniendo en ocasiones en su interior una estructura de acero para mantener la forma y el volumen de la pieza. Todas las partes de las flores están elaboradas con diferentes puntadas, a fin de representar las variadas texturas de las distintas partes de la planta (figura 67). La doble formación de la artista en bellas artes y biología le facilitó la posibilidad de emplear el doble lenguaje, el enfoque artístico y científico, en su producción artística. Su conocimiento de la botánica lo demuestra en la exactitud anatómica y formal de la obra, mientras que la perspectiva artística le ayudó en su interpretación visual. La artista compara el proceso creativo de tejer con el crecimiento de la planta, su construcción interior célula a célula.[175]



Figura 67. Tatyana Yanishevsky, *Passionflower*, *The Knit Garden*, tejido de hilo, 91,5 x 91,5 x 71 cm (2004).
Fuente: https://garden.knitplants.com

La obra *Winter Light 4* (2017) de la artista inglesa Lesley Richmond, interpreta las formas de los árboles y sus ramificaciones usando devoré, una técnica textil que permite destruir o devorar algunas fibras del material. Esta técnica consiste en someter a los materiales de diferentes tipos de fibra (seda, viscosa, algodón, rayón) a un proceso químico en el que se usa sulfato de hidróxido de sodio para disolver las fibras de celulosa del tejido, dejando así una estructura textil semi-transparente en relieve del dibujo a reproducir (figura 68). En la

[175] Yanishevsky, T. (2011). *The Knit Garden*. Tatyana Yanishevsky. Recuperado de: http://garden.knitplants.com/ (Consultado el 15.08.2017). "The process of knitting, stitch by stitch, mimics the growth of a plant, cell by cell."

entrevista para el blog *Textile Artists*, la artista explica que su proceso creativo comienza con el fotografiado de árboles. Richmond transfiere las fotografías de los árboles a una pantalla de serigrafía e imprime la imagen sobre un tejido de seda o algodón usando una base que reacciona al calor. Una vez que la base está seca, la artista calienta el reverso de la imagen impresa con una plancha que provoca su expansión tridimensional. Posteriormente, elimina las fibras de celulosa del tejido con un ácido suave, dejando visible solo la imagen de los árboles y la estructura de hilo de seda en su fondo. Finalmente, pinta sobre esta estructura usando pigmentos y pátinas metálicas.[176]



Figura 68. Lesley Richmond, *Winter Light 4*, algodón, seda y pintura acrílica, 96,5 × 139,7 cm (2017).
Fuente: http://www.lesleyrichmond.com

La obra de la artista australiana Meredith Woolnough, está inspirada en las formas naturales de las plantas. La artista las recrea a través de la técnica del bordado con hilos de colores sobre tela, con soporte soluble al agua. Al lavar el material con agua, el fondo de la tela desaparece, dejando solamente visible la delicada estructura bordada de las plantas. La exposición *Foliate*, celebrada en 2017, mostró las obras realizadas durante la residencia artística que la artista realizó en el centro de arte *Glasshouse,* en Port Maquarie (Australia). Durante la residencia, Woolnough coleccionó hojas de diferentes plantas y las reprodujo con la técnica del bordado citada. Con los resultados de la colección de bordados de las hojas seleccionadas, ha realizado las obras *Leaf Lines II* (2017) (figura 69) y *Caladium* (2016) (figura 70).

[176] Pitcher, J. (sin fecha). Lesley Richmond: The intersection between craft & art. TextileArtist. Recuperado de: http://www.textileartist.org/lesley-richmond-interview/. (Consultado el 12.09.2017). "The image is then printed with a heat reactive base on a silk/cotton mix fabric. This is heated and the reactive base expands and becomes dimensional. The cellulose fibers are then eliminated with a mild acid (devore). This leaves just the image and the silk thread background. The structures are then stiffened and painted with pigments and metal patinas."



Figura 69. Meredith Woolnough, *Leaf Lines II*, bordado y alfileres sobre papel, 43,5 x 156,5 cm (2017).
Fuente: http://meredithwoolnough.com.au

En la serie *Nature Studies* (2015) (figura 71), cada una de las piezas está fijada al fondo con alfileres, manteniéndose de este modo en el aire. En la entrevista realizada a la artista por la *Timeless Textiles Gallery,* con motivo de la exposición *Akin* celebrada en 2014, Woolnough describe la complejidad técnica de realizar una buena gradación de los colores con el bordado. Explica que una solución a este problema es unir varios hilos de colores distintos y usarlos a la vez.[177]



Figura 70. Meredith Woolnough, *Caladium,*
bordado y alfileres sobre papel, 66 x 81,5 cm (2016).
Fuente: http://meredithwoolnough.com.au

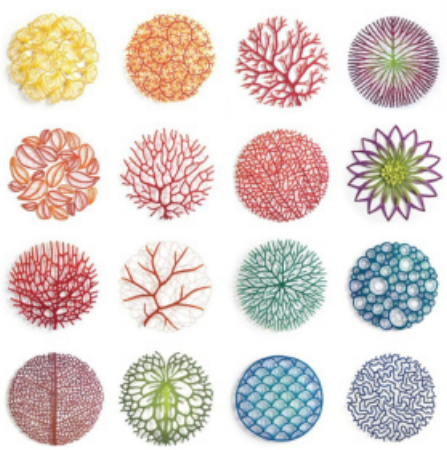


Figura 71. Meredith Woolnough, *Nature Studies*,
bordado y alfileres sobre papel, 40 x 40 cm c/u (2015).
Fuente: http://meredithwoolnough.com.au

[177] Timeless Textiles Gallery (26 de mayo, 2014). Meredith Woolnough chats about her recent exhibition Akin @ Timeless Textiles Gallery. Recuperado de: https://www.youtube.com/watch?v=JuLsRclKmmE. (Consultado el 12.02.2018). "Unlike paints that you can mix in so many multitude of shades and tones, I'm stuck with the thread colour I have. So to get around with that I'll often use different combinations of threads and use more than one at a time, and they kind of blend together in the stitching process. And that way I can get a gradation of colours and tones, more so than if I was just to use the one colour all the time."

2. Sistemas radiculares y sistemas de vástago. Kazuhito Takadoi, Hillary Waters Fyle y Diana Scherer

El artista japonés Kazuhito Takadoi realiza sus proyectos utilizando fibra natural de las plantas, sus ramas y/o sus hojas, cosiendo todos los productos en papel y creando esculturas con ellos. Gracias a su formación académica en el campo de la agricultura y la horticultura, Takadoi tiene buen conocimiento sobre los materiales que utiliza. Su especialización en Arte y Diseño de Jardines en la *Leeds Metropolitan University* (Reino Unido) le aportó el lenguaje visual necesario para realizar las composiciones adecuadas con los materiales seleccionados. En el artículo *Kazuhito Takadoi: Organic Patterns* (2006)[178], la autora Jessica Hemmings describe la sensibilidad de la composición presente en la obra de Takadoi como delicada y efímera. En su proceso creativo es fundamental la elección de los materiales que se van a utilizar en la producción de la obra. Todos ellos se clasifican según sus colores y formas. Las obras son minimalistas, pero a la vez están llenas de detalle.

La obra *Nai 3* (*Missing 3*) (2016) está hecha con fibras de hierba roja y hierba verde combinadas con pan de oro sobre papel hecho a mano (figura 72). La obra *Nekko* (*Root*) (2016) utiliza para su desarrollo ramas de espino y cordel de lino encerado. El artista aprovecha las texturas y los colores naturales de los materiales elegidos (figura 73).



Figura 72. Kazuhito Takadoi, *Nai 3* (*Missing 3*), hierba roja y verde, pan de oro en papel japonés hecho a mano, 62 x 51 cm (2016). Fuente: www.jaggedart.com



Figura 73. Kazuhito Takadoi, *Nekko* (*Root*), ramas de espino y cordel de lino encerado, 170 x 80 x 12 cm (2016). Fuente: www.jaggedart.com

[178] Hemmings, J. (2006). Kazuhito Takadoi: Organic Patterns. *Fiber Arts Magazine*, Summer 2006. pp. 37-39. Pág. 38. "The finer the fiber, the more delicate and ephemeral each composition becomes, bending, in works such as Koke (Moss), to look like fine sprays of water. Other delicate patterns that resemble spore growth or the bloom of fungi seen under the microscope appear in the mirrored circles of Kumo (Clouds)."

La serie *Flora* (sin fecha) de la estadounidense Hilary Waters Fayle está compuesta por hojas de plantas de diferentes formas y tamaños. La artista interviene sobre ellas creando patrones, bordando con hilo o realizando cortes según diferentes criterios personales (figura 74). Es fundamental en su proyecto el paso del tiempo. Las hojas se transforman, su morfología y su color cambian. En la entrevista realizada por la autora Sarah Sally Blanton, con motivo de su inclusión en el *Living Legacy Project* del *Burchfield Penney Art Center*[179] de Nueva York (EE.UU), Fayle explica el proceso de creación de sus obras. Una parte de este proceso consiste en cortar los espacios negativos de las hojas. Otra consiste en intervenir las hojas con hilo, bordando patrones diferentes según criterios personales, a veces siguiendo las venas de las hojas, y otras haciendo sus propios diseños intuitivos. La artista aplica las técnicas tradicionales artesanales de la costura y el bordado y utiliza en su expresión el lenguaje artístico contemporáneo: la complejidad y la sensibilidad vistas desde el punto de vista de las estructuras efímeras. En la entrevista que le realizaron para la revista *The Yellow Sparrow*, explica las posibilidades creativas que surgen de la unión conceptual y procesual arte-artesanía, donde las técnicas artesanales tradicionales ayudan a repensar el proceso creativo contemporáneo.[180]

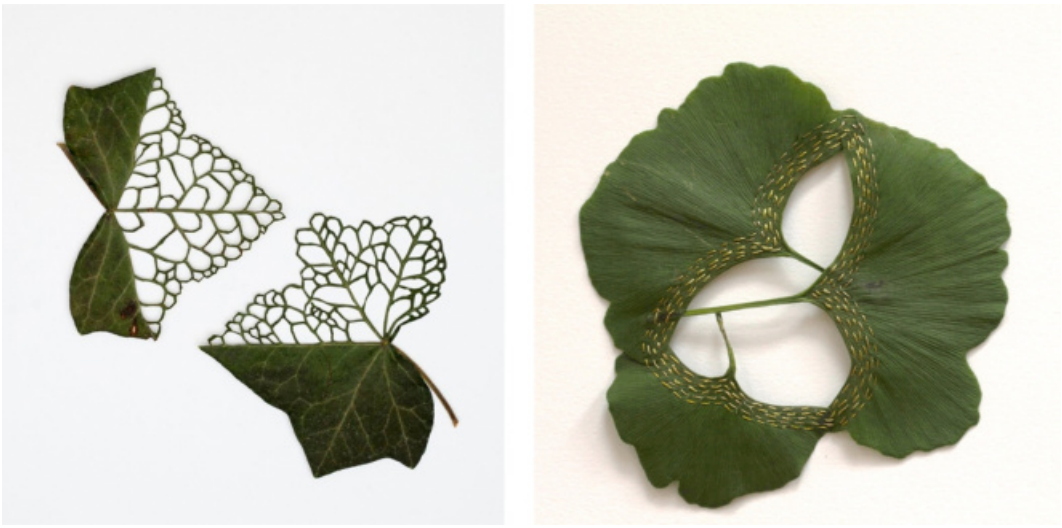


Figura 74. Hilary Waters Fayle, *Flora* (sin fecha). Fuente: www.hillarywfayle.com

[179] Blanton, S. S. (el 16 de agosto, 2012). *Entrevista con Hillary Waters Fayle*. Burchfield Penney Art Center. Recuperado de: https://www.burchfieldpenney.org/artists/artist:hillary-fayle/ (Consultado el 22.10.2017)

[180] Basu, N.N. (el 9 de octubre, 2016). *Artist Hillary Waters Fayle On Nature, Culture & Mixing Them In Her Leaf Art*. The Yellow Sparrow. Recuperado de: https://www.theyellowsparrow.com/hillary-waters-fayle-nature-art/. (Consultado el 22.10.2017). "Stitching and embroidery are a direct way of adding information, but this act is embedded with the rich and long history that is always evolving, even though the techniques are not really evolving."

Los proyectos *Interwoven 1* (2015), *Rugs* (2016-2017) o *Rootbound 2* (2017-2018), de la artista alemana Diana Scherer, se ejecutan con la manipulación de raíces para crear diferentes patrones formales. La artista cultiva las plantas sobre moldes específicos con patrones previamente diseñados, haciendo que éstos condicionen el crecimiento de sus formas siguiendo su estructura (figuras 75, 76 y 77). En la realización de sus proyectos, Scherer parte de las observaciones que Charles Darwin realizó sobre el comportamiento de las raíces de las plantas, su sistema de crecimiento y sus posibilidades de adaptación. La inteligencia de las plantas y su capacidad de adaptación son un tema tratado por los botánicos contemporáneos. La artista quiere explorarlo y aplicar sus resultados al desarrollo de sus proyectos.[181]

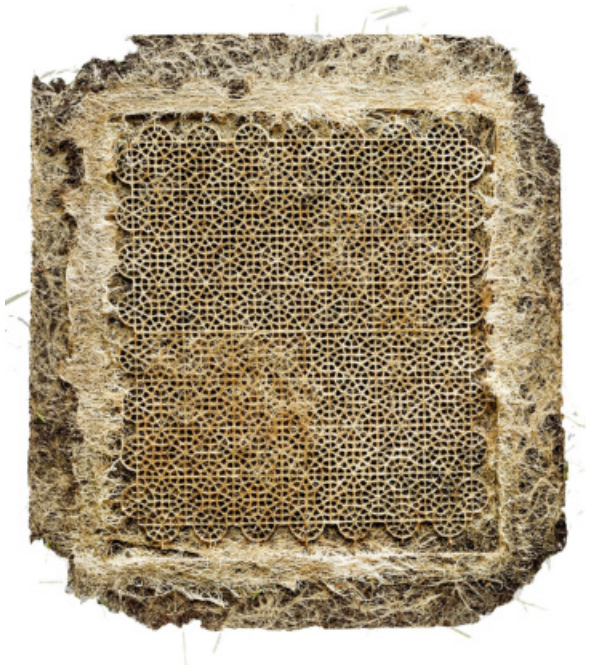


Figura 75. Diana Scherer, *Interwoven #1*, tierra, semillas, raíces, 110 x 100 cm (2015). Fuente: www.vice.com

La producción artística de Scherer fue premiada en 2016 con el *New Material Fellow*, un premio holandés dirigido a proyectos de investigación en arte y diseño que integran el uso de nuevos materiales o formas innovadoras de utilizarlos. En la creación de los proyectos, la artista colaboró con ecólogos y biólogos investigadores de la *Radboud University,* en Nijmegen (Holanda). Los científicos aportaron al proyecto el conocimiento y los procesos de investigación realizada sobre diferentes tipos de plantas, el crecimiento de las raíces y propuestas de cómo convertir sus resultados en tejidos.

[181] Scherer, D. (sin fecha). Interwoven. Exercises in Rootsystem Domestication. Diana Scherer. Recuperado de: http://dianascherer.nl/. (Consultado el 10.05.2017). "There is a global investigation to discover this hidden world. I also want to explore it and apply the 'intelligence' of plants in my work."

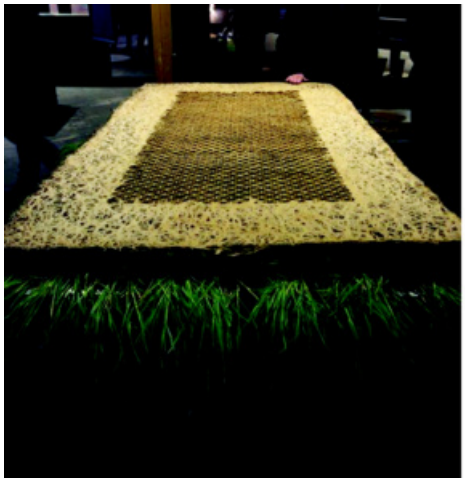


Figura 76. Diana Scherer, *Rugs*, tierra, semillas y raíces, 400 x 150 cm (2016-2017)
Fuente: http://dianascherer.nl



Figura 77. Diana Scherer, *Rootbound #2*, raíces de las plantas, 1050 x 1366 cm (2017-18)
Fuente: www.irenebrination.com

3. Gramáticas formales de crecimiento y reproducción de estructuras y patrones vegetales. Christa Sommerer/Laurent Mignonneau y Ronald van der Meijs

La artista y bióloga austriaca Christa Sommerer y el artista francés Laurent Mignonneau tratan la botánica utilizando los dispositivos y el lenguaje digital. El análisis incluye tres instalaciones interactivas realizadas por el tándem artístico: *Interactive Plant Growing* , *TransPlant* y *Eau de Jardin*.

La instalación virtual *Interactive Plant Growing* (1992) establece una relación entre la realidad física y el mundo virtual. Construida en un espacio físico acotado, la instalación está compuesta por un conjunto de plantas físicas de diferentes especies, colocadas sobre soportes geométricos formados por polígonos planos de colores neutros. Las plantas están situadas a una altura y posición accesibles a los visitantes de la exposición, facilitando de este modo que se produzca una interacción entre ellos. El espacio virtual se proyecta sobre una pantalla grande que muestra al espectador plantas digitalizadas resultado de su interacción con las plantas físicas (figura 78). La obra está inspirada en la teoría del biólogo escocés D'Arcy Thompson, que propone que las formas orgánicas son organismos vivos que evolucionan en el tiempo, por lo que resulta posible construir sistemas generativos capaces de simular estos comportamientos. Los artistas utilizan las plantas reales como interfaz entre el ser humano y la pantalla para generar un sistema interactivo entre los visitantes y las plantas físicas con el mundo virtual.



Figura 78. Christa Sommerer y Laurent Mignonneau, *Interactive Plant Growing*, instalación digital interactiva (1992). Fuente: www.alan-shapiro.com

Siendo capaces de captar las señales eléctricas presentes en el cuerpo humano, las plantas reaccionan a la distancia de los visitantes con respecto a sus hojas. Las señales de voltaje recibidas por la planta convierten las señales analógicas en digitales mediante convertidores de señal A/D colocados dentro de las macetas, cerca de las raíces de las plantas. Los convertidores mandan las señales a un ordenador que genera las imágenes gráficas de las plantas que se proyectan sobre la pantalla.[182] El crecimiento de las plantas en la pantalla está programado de modo que los datos de entrada que facilitan los participantes se vinculan directamente con los algoritmos de la imagen virtual proyectada en la pantalla. Cada individuo genera una imagen única que responde a su actividad con respeto a una de las plantas físicas de la instalación. Al momento de finalizar la interacción, las imágenes desaparecen de la pantalla.

En el texto *The Art of Interactive Integration In Wonderful Life* (2012), el profesor de la *University of California* (EE.UU), Erkki Huhtamo, reflexiona sobre la obra de Sommerer y Mignonneau desde un punto de vista filosófico y propone un diálogo entre los conceptos de la naturaleza relacionados con la evolución morfológica de las plantas, el ser humano y el diseño de algoritmos para la generación de las imágenes virtuales.[183]

[182] Sommerer, C., Mignonneau, L. (2012). Wonderful Life: Interactive Art by Sommerer & Mignonneau. En: Kluszczynski, R.W., Zawistowska-Toczek, D. y Anessi, T. (Eds.) Wonderful Life. Laurent Mignonneau + Christa Sommerer. Art+Science Meeting. pp. 134-163. Laznia Centre for Contemporary Art, 14 May-24 June 2012. National Centre for Culture, Gdansk, Poland. Pág. 137. "The electrical potential differences (voltage) between the plant and the human's body are captured by the plant and interpreted as electrical signals that determine how the corresponding virtual 3D plants (which look similar to the real plants) grow on the projection screen."

[183] Huhtamo, E. (2012). The Art of Interactive Integration. En: Kluszczynski, R.W., Zawistowska-Toczek, D. y Anessi, T. (Eds.) Wonderful Life. Laurent Mignonneau + Christa Sommerer. Art+Science Meeting. pp. 11-22. Laznia Centre for Contemporary Art, 14 May – 24 June 2012. National Centre for Culture, Gdansk, Poland. Pág. 14. "The nature, the human, and computer algorithms were integrated into a system that created alternative parallel 'natures'."

Ryszard Kluszczynski, director del Centro del Arte Contemporáneo Laznia, en Gdansk (Polonia), escribe sobre el lado ético relacionado con este tipo de prácticas artísticas. El autor reflexiona sobre la responsabilidad del hombre en el hecho de la creación. Propone que toda acción tiene una consecuencia. Una interacción física del espectador con la planta física a través de la distancia de su cuerpo con respecto a su posición en el espacio, genera formas de vida virtuales de las que es responsable. Con su falta de actividad, la otra forma de vida desaparece.[184] Nos invita a prestar atención sobre los organismos vivos vegetales de nuestro entorno, por las posibles consecuencias que nuestro comportamiento puede causarles.

La instalación interactiva *Eau de Jardin* (2004), al igual que la obra *Interactive Plant Growing*, une el espacio virtual con el espacio físico. Consiste en tres pantallas de proyección a modo de tríptico, con un ancho de 12 metros y un alto de 3, que conforman una estructura semicircular. En las pantallas se proyecta un jardín acuático virtual. Frente a las pantallas colocadas en un espacio acotado, se distribuyen ánforas de cristal transparente colgadas del techo, que contienen plantas de agua reales: lirios, loto, bambú, etc. (figura 79).



Figura 79. Christa Sommerer y Laurent Mignonneau, *Eau de Jardin*,
instalación digital interactiva (2004). Fuente: http://eldadodelarte.blogspot.com

[184] Kluszczynski, R. W. (2012). From Artificial Ecosystems to Critical Reflection. An introduction to the analysis of the work of Christa Sommerer and Laurent Mignonneau. En: Kluszczynski, R.W., Zawistowska-Toczek, D. y Anessi, T. (Eds.) Wonderful Life. Laurent Mignonneau + Christa Sommerer. Art+Science Meeting. pp. 92-111. Laznia Centre for Contemporary Art, 14 May – 24 June 2012. National Centre for Culture, Gdansk, Poland. Pág. 96. "Sommerer and Mignonneau's installation in this manner is not only an expression of the desire to reach out to the basic tenets of life through artistic activity, which is always defined by morphogenesis and transformation, but is also a project engaging a philosophical problem – or more precisely an ethical one – arousing a feeling of responsibility for the fates of other living forms that remain within the realm of human influence, as well as those that exist in human surroundings, including those whose lives we define as artificial."

Al acercarse a las ánforas, los visitantes envían a las plantas señales eléctricas que pasan de analógicas a digitales mediante una serie de convertidores colocados en el interior de los recipientes. Las señales digitales son procesadas por un conjunto de algoritmos de crecimiento y, como resultado, proyectan una imagen digital sobre las pantallas. Interactuando con las plantas físicas, los visitantes hacen que las plantas acuáticas virtuales crezcan. El proyecto se inspira en la serie de obras *Los Nenúfares* (1920-1926) del artista francés Claude Monet. Se trata de una colección de pinturas al óleo, de medidas 219 × 602 cm, y que actualmente puede encontrarse en el Museo de la Orangerie de las Tullerías, en París (Francia), expuesta en una de sus salas de forma oval. La serie representa el jardín de Monet en Giverny, con un estanque lleno de plantas acuáticas (figura 80). Sommerer y Mignonneau comparan la instalación *Eau de Jardin* con la obra de Monet. Monet hace que la frontera entre las plantas físicas representadas y el reflejo en el agua desaparezca. Los artistas borran la frontera entre lo real y lo virtual.[185]



Figura 80. Claude Monet, *Los Nenúfares,* óleo sobre lienzo (1920-1926). Detalle.
Fuente: www.pinturayartistas.com

El proyecto *TransPlant* (1995) es una instalación interactiva formada por un usuario y tres pantallas grandes situadas en una sala semicircular. Al entrar a la sala, la imagen tridimensional del visitante se proyecta sobre cada una de las pantallas. Dependiendo de su velocidad, el tipo y frecuencia de su movimiento, así como de su distancia con respecto a las pantallas, cada visitante reproduce en las pantallas el crecimiento de las plantas virtuales con una densidad y color diferentes. Al permanecer inmóvil, los árboles y arbustos crecen sobre la imagen del visitante (figura 81). El proyecto *Transplant* opera con el programa

[185] Sommerer, C., Mignonneau, L. (sin fecha). Eau de Jardin. Interactive installation. Laurent Mignonneau & Christa Sommerer. Recuperado de: http://www.interface.ufg.ac.at/christa-laurent/WORKS/FRAMES/FrameSet.html (Consultado el 05.10.2017). "Eau de Jardin" tries to create several layers of virtuality by blurring the borders between real plants, virtual plants on the screen and their reflected virtual image in the virtual water's surface."

Video Key 3D, desarrollado y patentado por Laurent Mignonneau en 1995. Se trata de un programa que permite la integración tridimensional en tiempo real de la imagen del visitante en un espacio virtual mediante el uso de un sistema de seguimiento por cámara. De esta manera, los visitantes pueden interactuar con el espacio virtual sin usar dispositivos específicos. Dependiendo de la distancia que existe entre el espectador y las pantallas, su imagen virtual se coloca delante, al lado o detrás de las plantas virtuales. Consecuentemente, cada persona crea un entorno personal, único.[186]



Figura 81. Christa Sommerer y Laurent Mignonneau, *Translplant*, instalación digital interactiva (1995).
Fuente: www.medienkunstnetz.de

La instalación interactiva *Time Capsule of Life* (2013), del artista holandés Ronald van der Meijs, consiste en una estructura en forma de semilla de gran tamaño, construida con bolsas de plástico transparentes unidas entre sí para formar pentágonos y hexágonos. La estructura está conectada con una bomba de aire a través de tubos que se activan mediante sensores de movimiento. Al detectar a los visitantes en el espacio expositivo, la instalación empieza a inflarse. Si no detecta movimiento, la escultura se desinfla lentamente (figura 82). *Time Capsule of Life* está inspirada en la forma de la semilla *Lamourouxe Viscosa*, dispersada por el viento. Esta semilla se caracteriza por una estructura hecha a partir de pentágonos y hexágonos. Van der Meijs propone en su obra dos formas posibles de representar a la semilla: en su estado de crecimiento vital, expandido, y en su estado de descomposición. Estos dos modos de presencia de la semilla en la propuesta se alternan dependiendo de la presencia del ser humano.

[186] Sommerer, C., Mignonneau, L. (sin fecha). *Trans Plant. An Interactive Computer Installation*. Laurent Mignonneau & Christa Sommerer. Recuperado de: http://www.interface.ufg.ac.at/christa-laurent/WORKS/FRAMES/FrameSet.html (Consultado el 05.10.2017). “The aim of "Trans Plant" is, to create a personal environment, where visitors finds themselves freely interacting with the virtual space, becoming part of it and essentially creating this space by themselves.”

La obra *Time Capsule of Life 2.0* (2015) es una continuación de *Time Capsule of Life*. Está compuesta por una estructura similar de tubos de bolsas de plástico transparente con capacidad de desinflarse hasta quedarse completamente vacía de aire (figura 83). El movimiento de la semilla representada interpreta la transformación que sufre la semilla real en la naturaleza, pasando de un estado de frescura y vida a un estado de deshidratación y muerte.[187]

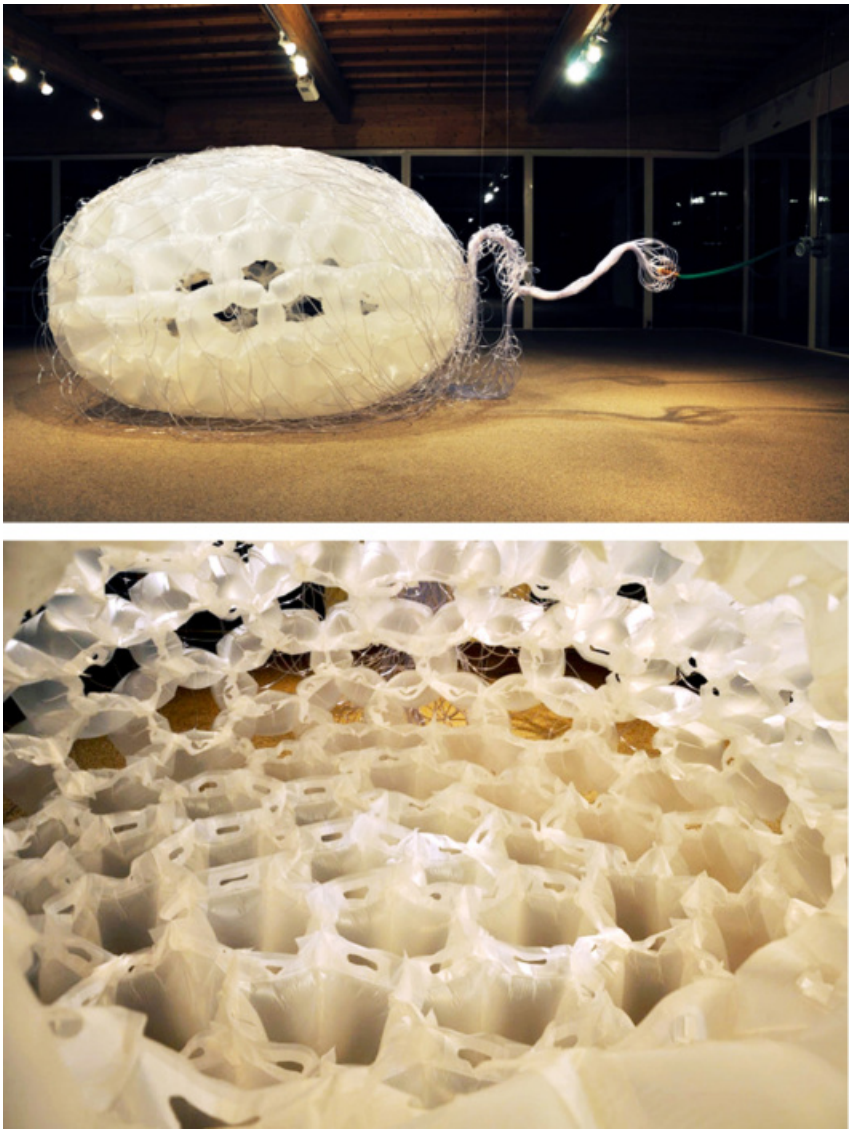


Figura 82. Ronald van der Meijs, *Time Capsule of Life* (imagen general y detalle), plástico, latón, tubos de aire de pvc, bomba de aire, detectores de movimiento, 550 x 300 x 200 cm (2013). Fuente: www.ronaldvandermeijs.nl

[187] Meijs, R. van der (sin fecha). Time Capsule of Life 2.0. Ronald van der Meijs. Recuperado de: http://www.ronaldvandermeijs.nl/Time-capsule-of-life-2-0. (Consultado el 19.02.2016). "Time Capsule of Life 2.0 is more advanced and organic. The seed is inflating and deflating until it is completely vacuum. It's like in nature where every living organism has two identities: fresh and living- dehydrated and death.

El aire juega un papel importante en las dos obras, *Time Capsule of Life* y *Time Capsule of Life 2.0*. En la entrevista para *Luftmuseum en Amberg* (Alemania), donde su obra fue expuesta en 2016, Van der Meijs describe el aire como un elemento imprescindible en la naturaleza para el mantenimiento de la vida. Observado desde el punto de vista de la creación, el aire permite a su obra crecer y cambiar morfológicamente su estructura.



Figura 83. Ronald van der Meijs, *Time Capsule of Life 2.0*, latón, plástico, tubos de aire de pvc, interruptor de aire, bomba de aire, detector de movimiento, 110 x 120 x 400 cm (2015).
Fuente: www.ronaldvandermeijs.nl

5.2. Entomología. Geometrías, estructuras derivadas, comportamientos funcionales y ecosistemas

El estudio científico de los insectos, la entomología, ha sido abordado por artistas de distintas épocas. Se analizan dos grupos de obras artísticas que trabajan con esta temática. Un primer grupo reúne las obras producidas desde la antigüedad hasta principios del s.XX. El segundo trata las obras de arte contemporáneo producidas en los siglos XX y XXI. Ambos grupos incluyen distintas representaciones de los insectos, que varían desde las interpretaciones realistas, enfocadas a los detalles de la morfología y del proceso de desarrollo de distintos especímenes, hasta formas estilizadas y modificadas de acuerdo a necesidades estéticas específicas.

5.2.1. Insectarios. Modelos de interpretación funcional aplicados en la naturaleza: colecciones escultóricas, pictóricas e ilustradas

Las representaciones de insectos en la época antigua están vinculadas a las actividades diarias del ser humano. El investigador postdoctoral de la *University of Wisconsin* (EE.UU), Barret A. Klein, en el texto *Insects and Humans: a relationship recorded in visual art* (2007), localiza las primeras representaciones conocidas de insectos en diferentes lugares del mundo.[188] El autor destaca que ya las representaciones más antiguas encontradas visualizan la relación del ser humano con los insectos. Este es el caso de, a modo de ejemplo, el dibujo de un grillo encontrado en un hueso de bisonte en el interior de una cueva y datado hace 20.000 años, así como las representaciones de grupos de abejas durante la recolecta de la miel halladas en las Cuevas de la Araña, en Valencia (España), y en la Tumba de Pabasa, en Luxor (Egipto) (figura 84).

La entomología, en tanto campo de estudio, fue fundada como rama de la ciencia en el siglo XVIII por el científico inglés, William Kirby. Barret A. Klein (2007) observa que en el período hasta el siglo XVII los insectos aparecían en el arte occidental en forma de símbolos religiosos o funerarios, así como en retratos.[189] A partir del siglo XVII, los insectos

[188] Klein, B. A. (2007). Insects and Humans: a relationship recorded in visual art. En: Bekoff, M. (Ed.) *Encyclopedia of Human-Animal Relationships. Vol. 1*. Portsmouth, NH: Greenwood Publ. Recuperado de: https://www.academia.edu/2434880/ Insects_and_humans_a_relationship_recorded_in visual_art. (Consultado el 06.11.2018). Pág. 2. "Prehistoric petroglyphs and pictograms from Europe, South Africa and North America often feature insects, as do millennia-old Native American pottery, Greek ceramics, African amulets, and Asian paintings."

[189] Ibidem. Pág. 5. "Although a great cultural heritage of insect art is found throughout the world, the most widely documented and accessible materials are associated with "Western" art. Prior to the 17th century, insects appeared in Western art as religiously- charged symbols of the soul, ephemeral life, or Jesus Christ—appearing in religious texts and paintings of biblical scenes. Insects also appeared in portraits. Sometimes the realistic depiction of a fly on a portrait indicated that the subject of the portrait had died."

aparecerían en bodegones, en forma de diferentes especímenes en una misma obra. Klein destaca el ejemplo de las obras realizadas por los artistas holandeses, Jan van Kessel el Viejo, Rachel Ruysch, Jan van Huysum y Paulus Theodorus van Brussel (figura 85).



Figura 84. Escenas de la recolección de la miel. Izquierda: Tumba de Pabasa, Luxor, Egipto (c. 650 a.e.c.). Derecha: Cueva de Araña, Valencia, España (entre el 9000 a.e.c. y el 6000 a.e.c.).
Fuente: www.pinterest.es y www.auladehistoria.org

La obra de la naturalista y exploradora alemana, Maria Sibylla Merian, destacó por sus ilustraciones entomológicas a finales del siglo XVII y principios del XVIII, en las que presentaba distintos tipos de insectos junto a plantas. Klein (2007) la considera como una importante divulgadora de la entomología de su época al realizar obras con un alto nivel de realismo y estética.[190] El libro *Der Raupen wunderbare Verwandlung* (*La oruga y su maravillosa transformación*), realizado por Sibylla Merian y publicado en 1679, está dedicado a la metamorfosis de las mariposas. Gracias a sus detalladas observaciones y descripciones, demostró que los insectos nacen de huevos y no surgen como resultado de la generación espontánea, lo que fuera creencia de la época. En su expedición a la República de Surinam, situada al norte de América del Sur, se dedicó al estudio de los insectos en su hábitat. Al final de su viaje publicó *Metamorphosis Insectorum Surinamensium* (1705), obra en la que presentó ilustraciones de la metamorfosis de varias mariposas, gusanos, otros insectos y reptiles, junto a flores y frutas de las que se alimentan (figura 86).

[190] Klein, B. A. (2007). Insects and Humans: a relationship recorded in visual art. En: Bekoff, M. (Ed.) *Encyclopedia of Human-Animal Relationships. Vol. 1*. Portsmouth, NH: Greenwood Publ. Recuperado de: https://www.academia.edu/2434880/ Insects_and_humans_a_relationship_recorded_in _ visual_art . (Consultado el 06.11.2018). Pág. 5. "Merian, and scientific illustrators since her time, have combined aesthetics and realism to promote insect science through centuries of insect paintings and drawings."



Figura 85. Bodegones con insectos. De izquierda a derecha y de arriba abajo: Jan van Huysum, *Flower Still Life*, óleo sobre tabla (1724); Rachel Ruysch, *Still Life With Fruit, Bird's Nest and Insects*, óleo sobre tabla (s. XVIII); Jan van Kessel el Viejo, *Insects and a Sprig of Rosemary*, óleo sobre tabla (1653); Paulus Theodorus van Brussel, *Still life of flowers and fruit on a stone ledge*, óleo sobre tabla (1787). Fuente: tfeanda.files.wordpress.com, commons.wikimedia.org y www.richardgreen.com



Figura 86. Maria Sibylla Merian, *Metamorphosis Insectorum Surinamensium*, placas 20 y 29 (1705). Fuente: www.theatlantic.com

A finales del siglo XIX y principios del XX, surge un cambio en las representaciones artísticas de los insectos, evolucionando éstas hacia siluetas más finas y delicadas. Los diferentes especímenes aparecen ahora en el arte decorativo sin la intención de ser presentados con

tanta exactitud, poniendo el foco en la forma y ganando en estilizado (figura 87). Este tipo de obras decorativas aparece aplicado en distintos objetos, muebles, cristalería, cerámica o esculturas (Klein, 2007).



Figura 87. Insectos. Obras Art Nouveau. De izquierda a derecha: anisóptera. Joya realizada por el diseñador francés, René Lalique; mesa de madera con imágenes florales e insectos realizada por el artista y diseñador francés, Emile Gallé. Detalle. Fuente: www.pinterest.es y drouotstatic.zonesecure.org

5.2.2. Estudio de casos. Sistemas didácticos, generativos y fraccionados en base a insectos

El análisis del impacto de la entomología en la creación artística está enfocado en la producción contemporánea localizada en diferentes partes del mundo. Las obras consideradas están realizadas usando variedad de técnicas expresivas. Algunas incluyen técnicas artísticas tradicionales (pintura, dibujo, grabado, escultura), otras implican el uso de tecnología y ordenadores, y otras utilizan insectos reales para su creación. El análisis divide las obras seleccionadas en tres grupos según el grado de realismo en su presentación. El primer grupo incluye las obras que tienen un nivel alto de realismo, donde los insectos se presentan con mucho detalle y anatómicamente correctos. El segundo grupo aborda las obras que tratan las formas reales de los insectos con más libertad compositiva al proponer posiciones imaginarias y crear patrones fuera de su estado natural. El tercer grupo utiliza fragmentos entomológicos modificando la forma real de los insectos para generar propuestas abstractas.

1. Mimesis de los aspectos morfológicos de los insectos. Mark Fairnington, Lorenzo Possenti y Cornelia Hesse-Honnegar

La serie *Insect Specimens* (2000), realizada por el artista inglés Mark Fairnington, incluye pinturas realistas al óleo a gran escala y que representan distintos especímenes de insectos (figura 88). La serie fue creada en colaboración con el entomólogo George McGavin después de la expedición que realizaron juntos a la Estación de Investigación “Las Cuevas”,

en Belice. El artista examinaba con el microscopio los especímenes recogidos durante el viaje y los fotografiaba desde diferentes ángulos. Este proceso de recogida de datos le facilitó poder pintar los insectos a gran escala y representar con un grado fiel los detalles de sus construcciones anatómicas. En la entrevista para la revista *Antennae,* realizada por la autora Shelly Stein en 2007, Fairnington comenta que su proceso de creación empieza por la observación de especímenes de insectos. El artista plantea la pregunta sobre el grado de exactitud real de lo que percibimos visualmente y propone que la observación es un proceso subjetivo que puede ser interpretado de distintas maneras. Fairnington observa los especímenes seleccionados de forma intensa y los interpreta sobre el lienzo de una manera que resulta subjetiva. Su producción artística se manifiesta como resultado de la creación propia en la cual el artista aplica su imaginación.[191]



Figura 88. Mark Fairnington, *Specimen 4*, óleo sobre lienzo, 215 x 183 cm (2000).
Fuente: www.markfairnington.com

El proyecto *Ecofauna* (1996-presente), del escultor y científico italiano Lorenzo Possenti, incluye esculturas realistas a gran escala de diferentes tipos de insectos. De forma similar a los modelos botánicos de la empresa Brendel, las esculturas de *Ecofauna* están destinadas a la docencia universitaria con el objetivo de facilitar el aprendizaje de la anatomía de los insectos. Fabricadas en resina, representan con fidelidad la forma natural de cada espécimen seleccionado (figura 89).

[191] Fairnington, M. (2007). *The Specimen. Interview by Shelly Stein*. Recuperado de: http://www.markfairnington.com/page28.htm. (Consultado el 19.03.2019). "The idea of scientific correctness is one of the things that the work asks questions about. At the centre of my research is the idea that observation is never neutral and that the cultural meaning of the images generated by scientific research is often determined by narratives that lie outside the field. These are complex narratives some of which emerge and are explored during the making of a painting. I'm interested in how description, its attention to detail, gained through studied and intense observation, becomes a platform for storytelling, speculation and even fantasy."



Figura 89. Lorenzo Possenti, *Aiolocaria Hexaspilota, Ecofauna*, 22 x 15 cm (sin fecha). Fuente: www.ecofauna.com

La serie de ilustraciones *Chernobyl* (1987-1991), de la ilustradora científica suiza Cornelia Hesse-Honnegar, representa la mutación que sufrieron diferentes tipos de insectos a consecuencia del accidente nuclear en Chernóbil (Ucrania) en 1986. La artista coleccionó especímenes de insectos en las zonas afectadas por la catástrofe y la nube radioactiva en Suecia y en el sur de Suiza. En el año 1990 viajó a Chernóbil para continuar su investigación sobre los insectos mutados en el área de exclusión alrededor del reactor nuclear. Inspirándose en las muestras recogidas, creó una serie de obras plásticas realizadas en acuarela sobre papel (figura 90). Las primeras imágenes de los insectos mutados provocaron revuelo dentro de la comunidad científica que centró sus estudios en el impacto sobre la salud del ser humano y los protocolos de uso de la energía nuclear. No habían investigado el impacto que el desastre tuvo sobre el mundo biológico. En 2008 la artista publicó el artículo *Malformation of True Bug (Heteroptera): a Phenotype Field Study on the Possible Influence of Artificial Low-Level Radioactivity*[192], donde sostuvo que las mutaciones presentes en los especímenes tratados eran resultado de la energía nuclear que provenía no solo de la catástrofe de Chernóbil, sino también de otras centrales nucleares que estaban funcionando de con normalidad en la época.[193]

[192] Hesse-Honegger, C. and Wallimann, P. (2008). Malformation of True Bug (Heteroptera): a Phenotype Field Study on the Possible Influence of Artificial Low-Level Radioactivity. *Chemistry & Biodiversity, Vol. 5*, Issue 4. pp. 499-539. doi:10.1002/cbdv.200800001

[193] Hesse-Honegger, C. (sin fecha). Field Studies in Environs of Nuclear Installations in Europe. Cornelia Hesse-Honegger. Recuperado de: http://www.wissenskunst.ch/uk/completed-studies/europe/radiation-contaminated-areas-in-europe/. (Consultado el 19.02.2018). "Because of my publications — in which I suggested that the nuclear fallout from Chernobyl, as well as from normally functioning Swiss nuclear power plants, is responsible for deformed insects — I was strongly criticized by several Swiss scientists."



Figura 90. Cornelia Hesse-Honegger, *Chernobyl*: *Striped Bug* (1988), *Scentless Plant Bug* (1988-1989), *Tree Bug* (1995), acuarela sobre papel. Fuente: www.wissenskunst.ch

2. Hábitats alterados, patrones y estructuras repetitivas. Maurits Cornelis Escher y April Vollmer

La obra *Metamorphosis II* (1940), del artista holandés Maurits Cornelis Escher, es un grabado en madera estampado sobre una larga tira de papel de 19,5 cm de ancho por casi 4 metros de largo. Presenta las transformaciones de una serie de figuras que, partiendo de una composición inicial, evoluciona paulatinamente hacia otras nuevas hasta regresar finalmente a la imagen inicial (figura 91). Observando la obra de izquierda a derecha, se puede apreciar que comienza con la palabra *Metamorphose*, la cual se repite de forma vertical y horizontal creando un patrón con estructura de malla. La primera transformación consiste en el cambio de la representación creada por las palabras a un patrón de cuadrados blancos y negros. Los cuadrados mutan en una especie de lagartijas, y éstas se convierten, a su vez, en hexágonos de una colmena. De la colmena salen abejas que se transforman en polillas. Los espacios de separación entre las polillas se transfiguran en peces, que pasarán a convertirse en pájaros de color rojo, surgiendo de entre sus espacios pájaros de color negro. Todos ellos se convierten en cubos tridimensionales con caras de colores rojo, negro y blanco. Los cubos pasan a componer un paisaje urbano, mostrando casas bajas y edificios. Los límites de la ciudad terminan con una torre que se asemeja a la figura homónima del ajedrez. Esta torre se incorpora a un tablero de juego compuesto por cuadrados grises, que pasan a dividirse en blancos y negros, los cuales se configuran de nuevo en una malla creada por las palabras *Metamorphose,* volviendo finalmente al inicio de la secuencia.

La secuencia de la obra que representa la colmena muestra dos tipos de insectos: las abejas y las polillas. Dentro de los hexágonos de la colmena se observa su estado larval. Las larvas minúsculas aparecen en la mitad de la colmena y siguen aumentando su tamaño hasta convertirse en formas hexagonales (figura 92). Los mismos elementos de la secuencia están distribuidos en la composición creando un patrón repetitivo.

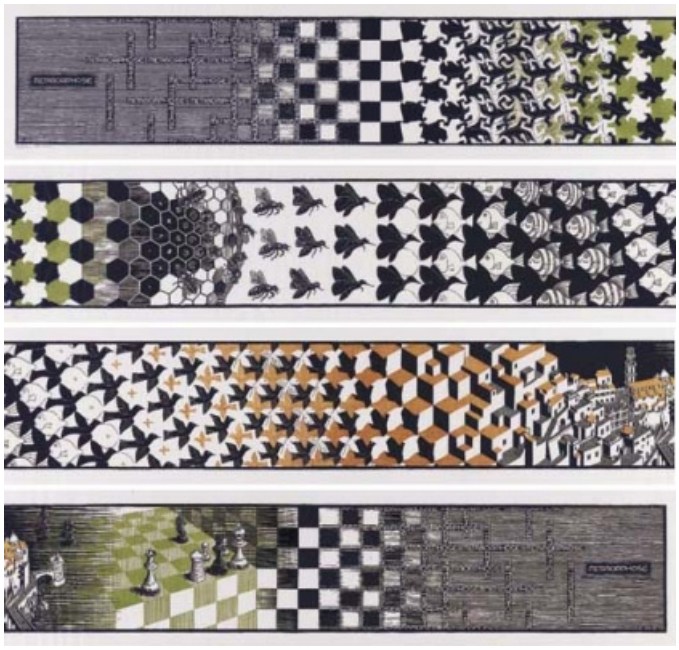


Figura 91. M.C. Escher, *Metamorphosis II*, grabado en madera, 19,2 × 389,5 cm (1940). Imagen fragmentada en cuatro partes secuenciadas. Fuente: upload.wikimedia.org



Figura 92. M.C. Escher. *Metamorphosis II*. Detalle. Fuente: external-preview.redd.it

La artista estadounidense April Vollmer, recurre a la morfología de los insectos para generar composiciones que emplea en la creación de patrones. Sus grabados *Cranefly Moon* (2016) (figura 93) y *Cranefly Rotation I* (2016) (figura 94) muestran este tipo de estructuras repetitivas donde insectos tipúlidos aparecen formando patrones repetitivos, circulares y lineales.

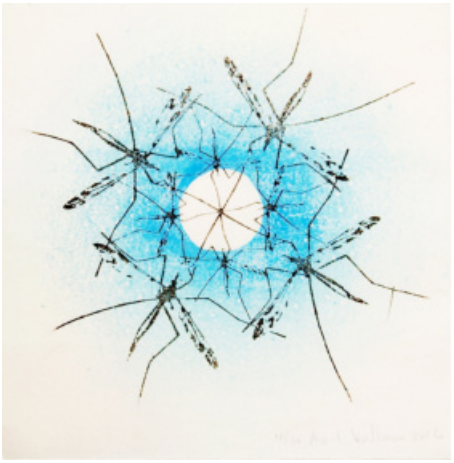


Figura 93. April Vollmer, *Cranefly Moon*, impresión xilográfica, 17,50 x 17,5 cm (2016)
Fuente: www.aprilvollmer.com



Figura 94. April Vollmer,*Cranefly Rotation I*, impresión xilográfica, 43 x 53 cm (2016)
Fuente: www.aprilvollmer.com

3. Gramáticas formales de fragmentación y resignificación identitaria. Alan Bur Johnson, Gail Wight, Stan Brakhage, Kazuo Kadonaga, Yukinori Yanagi, Hubert Duprat y Wolfgang Buttress

La obra *The Swarm in Whitfield* (2015), del artista estadounidense Alan Bur Johnson, forma parte de la serie *Swarm* (2008-2018). Es una instalación vertical, compuesta por fotografías de partes de alas de insectos. Está formada por varias piezas de formato pequeño, unidas a sutiles estructuras que recuerdan a enjambres de insectos representados en movimiento. Las imágenes elegidas por el artista están impresas sobre acetato transparente y protegidas por redondos marcos de fino metal. Cada marco está cuidadosamente fijado a la pared con alfileres de disección, en un sitio previamente determinado por el artista, a cierta distancia unos de otros y de la superficie de la pared, mostrando, de este modo, una composición que proporciona sensación de movimiento (figura 95). Las obras de la serie *Swarm* están formadas por elementos artísticos y científicos a la vez. La elección de las imágenes y la distribución de las piezas en la composición poseen un alto nivel estético. La forma de fotografiar las estructuras y partes minúsculas de las alas de los insectos recuerda al modo de cómo un científico realiza las observaciones microscópicas. El montaje de la obra con los alfileres que se utilizan para la disección le otorga al resultado una armonía científica. La dualidad artístico-científica de la obra tiene sus raíces en la formación doble del artista: además de ser licenciado en bellas artes por la *University* of *Washington* (EE.UU), está formado también en biología. En una entrevista para la revista *Luxe*, el artista compara su proceso creativo con la disección científica. Estudia los fragmentos de un objeto con mucha atención antes de reestructurarlo en su forma final e incluirlo en la obra.[194]

[194] The Maker: Alan Bur Johnson. (sin fecha). *Luxe*. Recuperado de: https://luxesource.com/features/article/the-



Figura 95. Alan Bur Johnson, *The Swarm in Whitfield*, foto transparencias, marcos metálicos, alfileres de disección, 110,5 x 209,5 cm (2015). Imagen general y detalle. Fuente: www.alanburjohnson.com

Para la creación de su serie *Hexapodarium* (2014), la artista estadounidense Gail Wight usa fotografías de alas de mosca realizadas bajo diferentes tipos de microscopio. Las alas fotografiadas se superponen mediante el programa gráfico *Photoshop* para crear módulos circulares que generan una composición de aspecto floral (figura 96).

Partiendo de la serie *Hexapodaroum*, Wight creó cuatro obras relacionadas, unidas bajo el título *The Land of Flies* (2014). Cada obra está impresa sobre una tira larga de papel, dispuesta en horizontal, que representa el paisaje de cada una de las cuatro estaciones del año: la primavera, el verano, el otoño y el invierno (figura 97).

Los paisajes contienen módulos florales creados por alas de mosca, fotografiadas a microscopio y posteriormente distribuidas sobre distintos fondos mediante *Photoshop*. La artista describe la obra como un ejercicio de composición fotográfica extrema, donde cada obra contiene entre 500 y 600 capas.[195]

maker-alan-bur-johnson (Consultado el 05.02.2018). "All of my work is handled like a dissection. Whatever the initial inspiration or source material, it becomes a multitude of physical fragments that I study intensively before meticulously restructuring."

[195] Wight, G. (2014). Land of the Flies. Gail Wight, Works of Art. Recuperado de:



Figura 96. Gail Wight, *The Hexapodarium*, impresión sobre papel *Moab Slickrock Pear*l, 40,5 x 40,5 cm (2014). Fuente: web.stanford.edu



Figura 97. Gail Wight, *The Land of Flies*, impresión sobre papel *Moab Slickrock Pearl*, 38 x 305 cm c/u (2014). Fuente: web.stanford.edu

https://web.stanford.edu/~gailw/Wight_Projects/Flyland.html. (Consultado el 18.10.2017). "An exercise in extreme photography, these images contain between 500-600 layers each (after each flower, made of many wings, is flattened)."

La película experimental *Mothlight* (1963) del cineasta estadounidense Stan Brakhage, está inspirada en el comportamiento innato de las polillas ante la luz. Para su realización, el artista utilizó pequeños fragmentos de plantas y partes de polillas quemadas que pegó sobre la cinta cinematográfica (figura 98). La velocidad de la proyección de las imágenes, en tan solo cuatro minutos, es tan rápida que simula el ciclo de vida de los insectos. Brakhage explica el concepto del ciclo de la vida presente en *Mothlight* en el libro *Metaphors on Vision* (1963). El autor muestra el desarrollo del capullo de la polilla, las polillas atraídas por la luz artificial que vuelan y se golpean contra la fuente luminosa, hasta desaparecer con una simulación de llama de vela.[196]



Figura 98. Stan Brakhage. *Mothlight* (1963). Collage sobre cinta de vídeo. Proceso de creación.
Fuente: ci13.cmoa.org y www.pinterest.es

La serie *Silk* (1986-2011), del artista japonés Kazuo Kadonaga, contiene capullos de gusanos de seda colocados dentro de una rejilla de madera construida por el artista. El autor tuvo como el objetivo llenar cada grieta con un gusano. Durante el proceso creativo el artista tuvo que ir cambiando la posición de la construcción con el fin de que los gusanos se distribuyan de forma uniforme dentro de la construcción. El resultado expositivo es una estructura de madera con celdas cuadradas llenas de capullos redondos e hilos de seda (figura 99).

El artista japonés Yukinori Yanagi, utiliza hormigas vivas en la creación de la serie *Union Jack* (1994). La instalación consiste en cajas de plástico llenas de arena coloreada. Los colores están distribuidos de forma que representa las veinte banderas de las antiguas colonias británicas. En cada una de las cajas el artista introdujo hormigas con el fin de que intervengan la arena con una red de túneles, dejando marcas sobre las imágenes (figura 100).

[196] Brakhage, S. & Sitney, P.A. (1963). Metaphors on Vision. USA: Film Culture. Pág. 86. "I began thinking that the Mothlight must begin with the unraveling o a cocoon and end with some simulation of candle flame or electric heat (as all moths whose wings were being used in a film had been collected from enclosed light boxes and lamp bowls) and, while it bothered me to think of painting on an otherwise purely collage film, I began to plan to create a black flame (to literally emphasize "if black were white") at the end of the film."

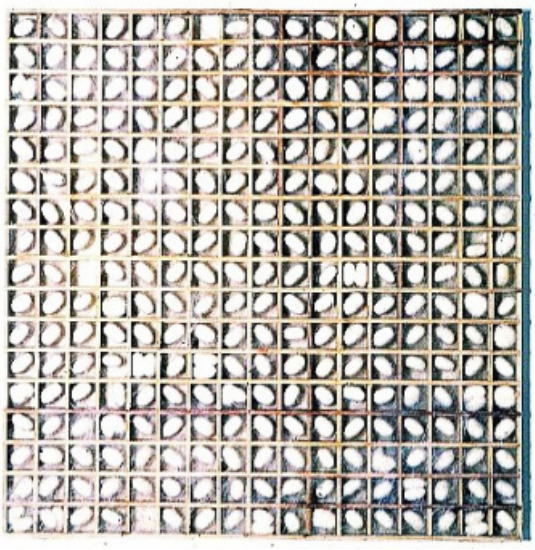


Figura 99. Kazuo Kadonaga, *Silk Nº1*, 77 x 77 cm (1986). Fuente: www.kazuokadonaga.com



Figura 100. Yanagi Yukinori, *Union Jack Ant Farm*, hormigas, arena coloreada, cajas de plástico y tubos de plástico, 40 X 60 cm (1994). Fuente: www.yanagistudio.net

El proyecto *Trichopterae* (1980-2012), del artista francés Hubert Duprat, incluye larvas de la mosca Tricóptera. En la naturaleza, estos insectos habitan en entornos acuáticos, cerca de los ríos. Durante las fases de su desarrollo, las larvas construyen pequeños estuches con el material disponible en su entorno: arena, piedras y trozos de planta o concha. Introduciendo las larvas en un recipiente climatizado, el artista recrea su hábitat natural, sustituyendo los materiales disponibles en la naturaleza por trozos de diferentes piedras preciosas. El resultado de este cambio es la creación de unos estuches elaborados a partir de fragmentos de oro, turquesas, ópalos, lapislázuli y coral, así como de perlas, rubíes, zafiros y diamantes (figura 101). Detrás del proyecto *Trichopterae* se encuentra una investigación científica sobre los especímenes de la mosca Tricóptera realizada por el artista. Duprat se inspiró en el trabajo de diferentes científicos. En el siglo XIX, el entomólogo suizo

François-Jules Pictet sustituyó los materiales del entorno natural de las larvas Tricópteras por minerales, mientras que el naturalista y entomólogo francés Jean-Henri Fabre hizo el mismo proceso usando arroz. Durante el siglo XX, aparecieron las primeras propuestas estéticas realizadas por el entomólogo C. H. de Labonnefon en 1923, quien ofreció a las larvas cuentas de vidrio, lo que resultó en la creación de coloridos estuches. El proyecto fue publicado en el libro *Croquis entomologiques* (1923).[197] El zoólogo francés, Pierre Grassé, y el naturalista británico, Gerald Durrell, repitieron el experimento con vidrio en los años 50. Mientras que el objetivo de estos experimentos ha sido la investigación científica sobre la mosca Tricóptera, Duprat tuvo la intención de crear unos objetos de valor estético. La comisaria del *Museum of Old and New Art* (MONA) de Tasmania, Jane Clark, observa la presencia de la dualidad artístico-científica en la obra de Duprat. En un artículo del catálogo de la exposición retrospectiva del artista que se celebró en el museo en 2013, Clark describe la exactitud y la investigación como dos elementos científicos de su proyecto, y el enfoque poético y el resultado estético como elementos artísticos de su creación.[198] En la entrevista con Hubert Duprat publicada en la revista *Leonardo*, el historiador del arte Christian Bresson describe el proyecto *Trichopterae* como el producto de un experimento científico. Describe comparativamente cómo los insectos crean los estuches desde un punto de vista artístico, comparándolos con los *ready-made* (el arte hecho por objetos encontrados); desde el punto de vista científico, los compara con los experimentos interdisciplinares.[199]



Figura 101. Hubert Duprat, *Trichopterae*. (1980-2012). Fuente: ssaft.com

[197] Labonnefon, C.-H. De (1923). *Croquis entomologiques*. Paris, France: Maison de la Bonne presse

[198] Clark, J. (2013). Patenting Art and Nature. En: Hubert Duprat. Retrospective Exhibition. pp. 128-137. Museum of Old and New Art (MONA), Hobart, Tasmania: Toppan Printing Co. Ltd. Pág 135. "Scientific as his interests and processes may be, Hubert Duprat is also supremely poetic in his approach... His work is, though, a powerful springboard for wide-ranging thought about the world and our place in it."

[199] Duprat, H., Besson, C. (1998). The Wonderful Caddis Worm: Sculptural Work in Collaboration with Trichoptera. *Leonardo, 31*(3), pp. 173-177. doi:10.2307/1576566. Pág. 173. "As art pieces, they are a kind of assisted ready-mades, found objects altered and promoted to the rank of works of art, hybrid formations such as appeared in large numbers in the 1980s. As scientific experiments, they are evidence of an unexpected interdisciplinarity; they also raise real epistemological issues."

La instalación escultórica *The Hive* (2015), del artista inglés Wolfgang Buttress, representa una estructura interactiva de gran tamaño, inspirada en la geometría hexagonal en forma de colmena. Fue expuesta por primera vez en la Expo de Milano (Italia) en 2015. Ahora está localizada en el jardín botánico *Kew Gardens,* en Richmond (Reino Unido) (figura 102). *The Hive* consiste en 32 capas de estructuras de aluminio hexagonales, unas dispuestas horizontalmente sobre otras y colocadas sobre columnas, sumando una altura de 14 metros. Las capas de aluminio pueden rotar y permitir a los visitantes entrar al centro de la instalación. La estructura de colmena contiene miles de luces LED y altavoces conectados a sensores de aceleración ubicados en una colmena de abejas que está en el jardín botánico *Kew Gardens*. Estos sensores detectan la vibración producida por la actividad de las abejas. De esta forma, las abejas activan las luces LED y el sonido dentro de la escultura, haciendo que la luz y el sonido fluctúen con el ritmo de la colmena, transmitiendo la información sobre la actividad de las abejeas a los visitantes.



Figura 102. Wolfgang Buttress, *The Hive* (2015). Fuente: www.pinterest.cl

La obra fue creada con la intención de recordar la importancia que las abejas tienen como polinizadoras de las plantas más importantes, y de señalar la disminución de estos insectos hoy en día.[200] El proceso de su creación requirió la colaboración del artista con el físico y profesor de la *Nottingham Trent University* (Reino Unido) Martin Bencsik, con el ingeniero Tristan Simmonds, así como con el equipo de arquitectos del estudio BDP de Manchester (Reino Unido), la empresa de ingeniería de construcción *Stage One* y la empresa creativa *Squint Opera*, que se ocupó del aspecto gráfico del proyecto y de la animación. La obra incluye también una banda sonora improvisada, hecha por los músicos Kev Bales y Tony Foster en colaboración con la violonchelista Deidre Bencsik, la vocalista Camille Buttress y la colmena en vivo de *Kew Gardens* que contiene miles de abejas.

[200] UK in Hungary (el 16 de junio, 2015). *Exclusive Interview with Dr. Martin Bencsik and Wolfgang Buttress.* Recuperado de: https://www.youtube.com/watch?v=ie_aZ7Lqac4. (Consultado el 20.02.2018). "Pollinators are responsible for thirty per cent of all the food that we eat, and the honeybee is one of the most important… What I wanted to do here is ….to create a live, living experience so you would feel a sense of the journey of the bee. You would feel that you are part of the landscape..."

5.3. Anatomía humana. Archivos epistemológicos de anatomía y proyectos artísticos reflexivos

El ámbito de la anatomía humana como fuente de inspiración de la creación artística se observa a través de dos grupos. El primer grupo incluye las obras creadas entre la antigüedad y finales del s.XIX. El segundo grupo reúne las obras de arte contemporáneo creadas durante el s.XXI. Las interpretaciones y representaciones del cuerpo humano realizadas por artistas de épocas diferentes cambian a lo largo de la historia por lo que respecta a su aplicación. Algunas de las obras analizadas fueron creadas con fines educativos y se presentan en formato de ilustraciones científicas o modelos anatómicos. Otras utilizan la anatomía como una base para la inspiración y la creación.

5.3.1. Atlas anatómicos. Modelos de gestión de la información corporal: colecciones escultóricas y pictóricas

La anatomía se define como la "ciencia que estudia la estructura y forma de los seres vivos y las relaciones entre las diversas partes que los constituyen."[201] Su desarrollo se puede seguir a través de la historia, desde la época del Antiguo Egipto y la Antigua Grecia. El autor y director del Departamento de la Ilustración Médica de la empresa *Art Designers Inc.* en Washington D.C. (EE.UU), William E. Loechel, señala la práctica de la disección del cuerpo humano como el comienzo de la anatomía como disciplina. En el artículo *The history of medical illustration* (1960) el autor hace alusión al trabajo de Herófilo de Calcedonia, médico griego de la Escuela de Alejandría (Egipto), quien, en el siglo III a.e.c., fue el primero en practicar la disección humana. Esta práctica revolucionó el conocimiento sobre nuestro cuerpo. Los descubrimientos en el campo de la anatomía han facilitado colaboraciones estrechas entre artistas y científicos con el fin de visualizar el conocimiento y facilitar el aprendizaje sobre el cuerpo humano y el tratamiento de heridas y enfermedades.

Las primeras exploraciones anatómicas llevadas a cabo en Egipto se registraron en relieves o dibujos sobre papiro. Este tipo de representaciones no ofrecía descripciones precisas del cuerpo humano o sus partes, pero mostraba las herramientas usadas en la cirugía de la época (figura 103) y los procesos de tratamiento de heridas y enfermedades (figura 104), y se utilizaban acompañadas de manuscritos relacionados que describían los procesos mostrados en los dibujos.

[201] Anatomía (sin fecha). En: *Diccionario de la lengua española. Real Academia Española*. Recuperado de: https://dle.rae.es/?id=2X6ixmm. (Consultado el 06.05.2018)



Figura 103.Instrumental médico, templo de Kom Ombo (180-47 a.e.c.)
Fuente: en.wikipedia.org



Figura 104. Oculista curando el ojo de un artesano. Tumba de Ipuy (1279–1213 a.e.c.)
Fuente: www.facebook.com

Durante los siglos I y II e.c., el médico indio Charaka desarrolló su trabajo sobre anatomía humana en la India. Sus descubrimientos se expandieron posteriormente a otras partes de Asia. Charaka es considerado el padre de la medicina india y el creador de los textos de medicina tradicional de la India, conocidos como *Ayurveda*. El registro medicinal más antiguo de medicina interna realizado por él es *Charaka Samhita* (s. II e.c.) y, entre otros capítulos, contiene uno sobre anatomía. A partir de los estudios anatómicos realizados en cadáveres humanos, Charaka descubrió el sistema circulatorio humano y estableció un método sobre prevención de la salud física.

En el siglo II e.c., Galeno de Pérgamo, médico, cirujano y filósofo griego en el Imperio Romano, recopiló el conocimiento sobre anatomía de escritores anteriores y fomentó la investigación sobre la función de los órganos realizando disecciones en animales, ya que en esa época los descubrimientos realizados eran aplicados a la anatomía humana. Sus tratados anatómicos han servido como base para el trabajo de todos los escritores y médicos hasta el siglo XVI.

En el siglo XIV fue publicado el libro *Anathomia corporis humani* (1316), del anatomista italiano Mondino de Luzzi y el que es considerado como primer ejemplo de manual de disección humana moderno y primer texto verdaderamente anatómico. El libro *Anathomia Designata per Figures* (1345), del científico e inventor italiano Guido da Vigevano, figuró entre los primeros manuscritos en incluir ilustraciones anatómicas.

Durante el siglo XV, el artista italiano Leonardo da Vinci realizó estudios sobre la anatomía humana, basando sus dibujos en la comprensión del cuerpo humano y su forma ideal. Inicialmente, adoptó los modelos anatómicos de otros autores, pero con el tiempo desarrolló sus propios dibujos basados en la observación directa de la disección de alrededor de treinta cadáveres humanos. Leonardo da Vinci hizo muchos descubrimientos importantes, dibujando representaciones precisas del cuerpo humano visto desde distintos ángulos. Uno de los estudios de este tipo es la obra *Estudios anatómicos del hombro* (1510), que forma parte del *Manuscrito anatómico A* realizado por el artista entre 1510 y 1511. Se trata de un dibujo con tinta sobre papel que forma parte del cuaderno con dibujos sobre anatomía humana creados por el artista (figura 105). La página muestra varias representaciones del hombro visto desde diferentes perspectivas. Da Vinci explora los detalles del hombro, sus músculos y sus tendones. Aparte de imágenes, la obra también incluye un texto explicativo con observaciones personales.



Figura 105. Leonardo da Vinci, *Estudios anatómicos del hombro* (1510). En *Manuscrito anatómico A* (1510-1511). Fuente: fr.m.wikipedia.org

En el siglo XVI apareció la obra *De la estructura del cuerpo humano en siete libros* (1543), realizada por el anatomista flamenco, médico e investigador Andrés Vesalio, que se puede considerar la base de la anatomía de nuestros días. El libro está compuesto por ilustraciones de anatomía humana hechas con la técnica xilográfica. Vesalio basó las imágenes en la observación directa de los órganos durante sus prácticas quirúrgicas,

aportando a la anatomía una compresión más precisa. El trabajo de Vesalio se usó en las prácticas medicinales y estudios de anatomía de los siglos XVII y XVIII.

En el siglo XVII, en Italia, aparecieron los modelos anatómicos fabricados en cera, con un nivel alto de realismo. Fueron creados como alternativa al uso de cadáveres humanos, que eran difíciles de conseguir para la investigación científica. La cera demostró ser un material práctico, duradero y lo suficientemente flexible como para reproducir con precisión las formas anatómicas del cuerpo humano. En el artículo *Anatomical models and wax Venuses: art masterpieces or scientific craft works?* (2009)[202], publicado en el *Journal of Anatomy*, la profesora Roberta Ballestriero, de la *University of the Arts London* (Reino Unido), sostiene que la primera escultura realizada en cera fue la estatua de pequeño formato realizada por el artista italiano Ludovico Cardi, conocido con el nombre *Il Cigoli*. La estatua pertenece al tipo de representaciones anatómicas, denominadas "écorché", caracterizadas por visualizar músculos u otros órganos internos. La obra de Cardi representa una figura humana de pie y en movimiento, con un brazo levantado encima de la cabeza. La figura fue realizada en cera de color y visualiza la estructura muscular del ser humano (figura 106). Los modelos anatómicos de cera atribuidos al escultor italiano Luigi Franceschi y al escultor español Juan Cháez, expuestos en el Museo de Anatomía Javier Puerta de la Universidad Complutense de Madrid (España), aparecen descritos por los profesores Alicia Sánchez Ortiz, Nerea del Moral y Sandra Micó en el artículo *Entre la Ciencia y el Arte. Ceroplástica Anatómica para el Real Colegio de Cirugía de San Carlos (1786-1805)*. Las autoras consideran que este tipo de obras pertenecen al terreno entre la realidad y la ficción, dado que los artistas de la época basaban sus modelos en imágenes de libros sobre anatomía e ilustraciones realizadas por autores de épocas anteriores.[203] La similitud entre el modelo anatómico fetal, hecho por Franceschi y Chaéz, y la lámina 29 del tratado *A Sett of Anatomical Tables* (1754), realizado por el médico escocés William Smellie, se muestra en la figura 107.

Los modelos de cera revolucionaron la forma de representar la anatomía humana. Los dos centros de referencia donde se produjeron los modelos anatómicos durante el siglo XVIII fueron Bolonia y Florencia, en Italia. En el artículo *The diagnosis of the cause of the death of Venerina* (2009)[204], los profesores de la Universidad de Bolonia (Italia), Giovanni Mazzotti,

[202] Ballestriero, R. (2009). Anatomical models and wax Venuses: art masterpieces or scientific craft works? *Journal of Anatomy*, Vol. 216(2), February, 2010, pp. 223–234. doi: 10.1111/j.1469-7580.2009.01169.x

[203] Sánchez Ortiz, A., Del Moral, N. y Micó, S. (2012). Entre la Ciencia y el Arte. Ceroplástica Anatómica para el Real Colegio de Cirugía de San Carlos (1786-1805). *Archivo Español de Arte,Vol 85*, Nº 340, octubre-diciembre 2012, pp. 329-349. https://doi.org/10.3989/aearte.2012.v85.i340.518. Pág. 337. "En ocasiones el modelado de la pieza se realizaba a partir de las ilustraciones de célebres libros de anatomía; otras, se mostraban conformaciones anatómicas para su observación que raras veces se presentaban en la naturaleza."

[204] Mazzotti, G., Falconi, M., Teti, G., Zago, M., Lanari, M. and Manzoli, F. (2009). The diagnosis of the cause of the death of Venerina. *Journal of Anatomy*, *Vol. 216*(2), February, 2010. pp. 271–274. doi:10.1111/j.1469-7580.2009.01151.x

Mirella Falconi, Gabriella Teti, Michela Zago, Marcello Lanari y Francesco Manzoli, comparan los dos talleres según la técnica que desarrollaron para reproducir los modelos. En Bolonia se partía del esqueleto humano original, al que se le iban agregando músculos, nervios y otros órganos hechos de cera, creando así ejemplares únicos. En Florencia se trabajaba de un modo más mecanizado. Se empleaban moldes de las preparaciones anatómicas y a partir de ellas se generaban representaciones precisas de los órganos.



Figura 106. Ludovico Cardi, *Écorché*, figura de cera, 58 cm (c. 1600). Fuente: www.sothebys.com

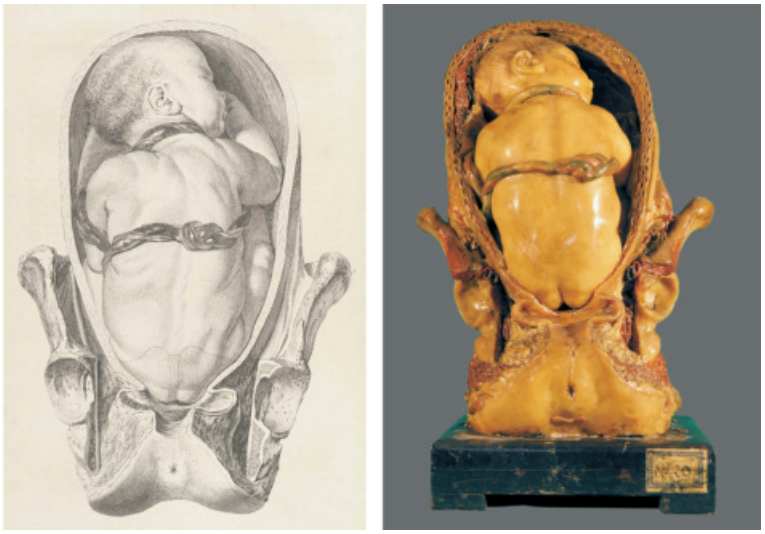


Figura 107. De izquierda a derecha: William Smellie, dibujo fetal, Tabla 29 del tratado *A Sett of Anatomical Tables* (1754) y Juan Cháez y Luigi Franceschi, modelo fetal de cera de (s. XVIII). Fuente: Sánchez Ortiz, A., Del Moral, N. y Micó, S. (2012). Entre la Ciencia y el Arte. Ceroplástica Anatómica para el Real Colegio de Cirugía de San Carlos.

Uno de los artistas más conocidos del taller florentino fue el escultor italiano Clemente Susini, quien creó sus modelos de cera a finales del siglo XVIII y principios del XIX. Sus modelos anatómicos femeninos se conocen con el nombre de *Venera*. Su obra más conocida es la *Venerina* (1782), que representa la anatomía de una mujer joven embarazada (figura 108). El modelo está compuesto por varias partes. Todos los órganos se pueden extraer y volver a introducir para ofrecer una compresión mejor del cuerpo humano. Mazzotti et al. (2009) reseñan que el modelo tenía un defecto cardiovascular, visible en la representación del corazón del modelo de cera. Aunque este defecto no se reconoció en la época de la creación del modelo, fue la precisa concordancia entre modelo y molde lo que permitió al artista visualizarlo con exactitud.



Figura 108. Clemente Susini, *Venerina*, modelo anatómico de cera (c. 1782). Fuente: gabmusanablog.wordpress.com

Con el desarrollo tecnológico en el siglo XIX, la investigación anatómica floreció. Se establecieron los campos de la histología y la biología del desarrollo de humanos y animales. Más tarde, también la biología evolutiva y molecular, que mostraron ambas una comprensión profunda de los órganos y las estructuras del cuerpo.

El artista inglés Joseph Towne produjo modelos anatómicos de cera en colaboración con los anatomistas y profesores Dr. Hilton y Addison, del *Guy's Hospital* de Londres (Reino Unido), durante el siglo XIX. Este tipo de modelos fueron utilizados en el ámbito de la docencia universitaria. Muchos modelos representaban el efecto que las enfermedades infecciosas producían en el cuerpo humano. El uso de estos modelos por los estudiantes de medicina, en lugar de cuerpos reales, prevenía del contagio de enfermedades e infecciones durante su uso (figura 109).

El trabajo del ilustrador médico alemán Max Brödel, desarrollado en el *Johns Hopkins Hospital* de Baltimore (EE.UU), durante el siglo XIX, destacó por los nuevos métodos y técnicas establecidos por el artista para la representación bidimensional de la anatomía humana. William E. Loechel (1960) señala que su obra se puede considerar como el inicio de la ilustración médica moderna. Loechel (1960) destaca el valor estético y científico de la obra de Brödel en el caso particular de la ilustración anatómica del corazón (figura 110). Por un lado, describe la belleza clásica de la representación anatómica presente en la riqueza de los tonos grises de luces y sombras del dibujo. Por otro, revela el alto nivel de detalle que tiene el dibujo e indica que su apariencia representativa es casi fotográfica. El artista interpreta la textura de los elementos morfológicos, representando su volumen y dimensión, dando al corazón un aspecto tridimensional.[205]

[205] Loechel, W. E. (1960). The history of medical illustration. *Bulletin of the Medical Library Association*, *Vol. 48*(2), pp. 168-71. Pág. 170-171. "There was classic beauty in his drawings; he had the scientific approach; he was cognizant



Figura 109. Joseph Towne, modelo anatómico de cabeza con los síntomas de la sífilis, reproducción en cera (c. 1840). Fuente: en.wikipedia.org

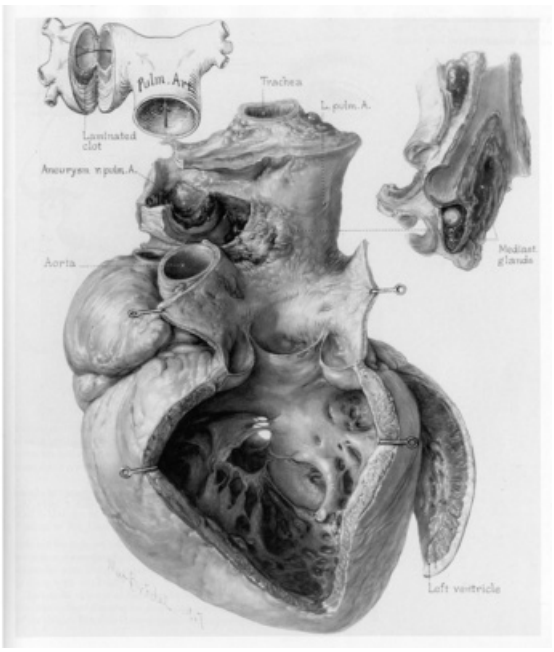


Figura 110. Max Brödel, Ilustración anatómica del corazón, lápiz de carbón y polvo sobre papel (c. 1917). Fuente: www.reddit.com

Parte de la obra del neurocientífico español Santiago Ramón y Cajal, incluye representaciones anatómicas del cuerpo humano. Aunque más conocido por sus dibujos de los sistemas neuronales, durante sus estudios de medicina en Zaragoza, Ramón y Cajal realizó una serie de obras artísticas sobre la anatomía humana, reunidas en el libro *Álbum anatómico* (1878). Después de haber sido restaurado por el Instituto de Patrimonio Histórico en Madrid, hoy en día pertenece a la colección de la Biblioteca Universitaria de Zaragoza. El álbum contiene veintisiete láminas de representaciones anatómicas en acuarela que se utilizaron como material educativo en las clases de anatomía de estudios universitarios (figura 111).

En el artículo *El Atlas Anatómico de la Facultad de Medicina de la Universidad de Zaragoza* (2012), la directora de la Biblioteca de la Universidad de Zaragoza, Remedios Moralejo Álvarez, describe el *Álbum anatómico* como una obra original y única, que forma parte de su patrimonio histórico documental y artístico. Se trata de un volumen enorme "… de extraordinarias dimensiones (1,385 x 950 x 9,5 cm y unos 60 kg de peso) con encuadernación de tapas de madera forradas de arpillera, con lomo y cantoneras de piel, y

of the printer and publisher problems; and he was sincerely interested in devoting his life to his work. He employed new methods and established new techniques. His half-tone drawings had the authenticity of a photograph but were better because the camera couldn't think and select."

dos cierres metálicos, que permaneció desde su nacimiento hasta su restauración en la cátedra de Anatomía de la Facultad de Zaragoza, en la que fue largamente utilizado como material didáctico."[206]

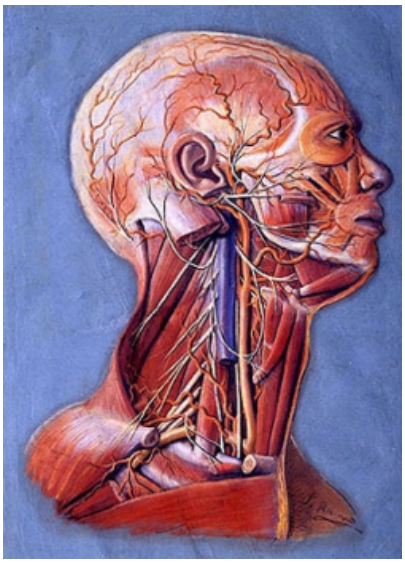


Figura 111. Santiago Ramón y Cajal, *Álbum anatómico,* ilustración, acuarela sobre papel (1878). Fuente: blog.biblioteca.unizar.es

Las láminas han sido pintadas con acuarela opaca sobre papel de alto gramaje. El profesor de la Facultad de Medicina de Zaragoza, José Luis Nieto Amada, destaca la minuciosidad del trabajo y la belleza de las imágenes representadas en el *Álbum anatómico*. En el artículo *El Álbum Anatómico de Santiago Ramón y Cajal* (2014)[207], Amada describe la obra de Cajal como una síntesis de la sensibilidad artística y el conocimiento científico de la anatomía de la época.

5.3.2. Estudio de casos. Estéticas del cuerpo fragmentado

Los estudios anatómicos antiguos han servido como fuente de inspiración para la creación artística contemporánea. Los artistas han interpretado el cuerpo humano usando diferentes técnicas y medios de expresión. Los trabajos seleccionados se alejan del concepto de anatomía artística dirigida a las proporciones y a la composición del cuerpo humano. Las obras de arte contemporáneo tratadas en este proyecto están centradas en la

[206] Moralejo Álvarez, R. (2012). El Atlas Anatómico de la Facultad de Medicina de la Universidad de Zaragoza. La recuperación de una pieza importante del patrimonio histórico universitario. En: *Pecia Complutense: Boletín de la Biblioteca Histórica "Marqués de Valdecilla"*, Año 9, Num. 16, pp. 89-95. Pág. 91

[207] Nieto Amada, J.L. (noviembre, 2014). El Álbum Anatómico de Santiago Ramón y Cajal. En: Dovale Borjas, A. (Presidencia). *Morfovirtual 2014*. El 2. Congreso Virtual de Ciencias Morfológicas. La 2. Jornada Científica Virtual de la Cátedra Santiago Ramón y Cajal. La Habana, Cuba. Recuperado de: http://www.morfovirtual2014.sld.cu/index.php/Morfovirtual/2014/paper/view/361/272. (Consultado el 22.02.2018). Pág.1

representación de partes del cuerpo y de diferentes órganos: corazón, pulmones, músculos y el sistema arterial del cuerpo humano.

La atracción por el interior del cuerpo humano se puede explicar a través de la curiosidad sobre los elementos que lo construyen y las emociones provocados por ellos. La artista y comisaria estadounidense Vanessa Ruiz, observa la respuesta emocional del espectador enfrentado al interior del cuerpo humano en la presentación *The spellbinding art of human anatomy*[208]*,* durante las conferencias TEDMED celebrada en California (EE.UU) en 2015. La autora sostiene que esta emoción varía desde la alegría hasta el disgusto. Según Ruiz, con la ayuda de esa emoción, los artistas interpretan la anatomía en la creación artística contemporánea de una manera imaginativa e innovadora, sin la necesidad de presentarla con precisión o en su estado natural.

El impacto de la anatomía y el funcionamiento de los órganos del cuerpo humano sobre la producción artística contemporánea se va a analizar a través de la serie de obras *Human,* de la artista rusa Tatyana Yanishevsky, centradas en la morfología funcional de los órganos humanos, la obra de la ilustradora venezolana Giselle Vitali, que manipula digitalmente las formas anatómicas, y la artista canadiense, residente en París (Francia), FRM, que esquematiza los segmentos anatómicos estructurales. Las obras de este grupo están hechas con diversidad de técnicas: tejido, impresión sobre seda, impresión digital y manipulación de la imagen mediante programas gráficos de ordenador.

1. Mimesis de la morfología funcional orgánica. Tatyana Yanishevsky

La serie *Human* (2009-2010), de la artista y bióloga Tatyana Yanishevsky, está formada por dos tipos de obras que pueden funcionar de forma autónoma o conjunta. Ambas están inspiradas en los conceptos de anatomía y funcionalidad de los órganos humanos. Su producción incluye una combinación de técnicas textiles de carácter artesanal, con tecnologías de iluminación LED y mecanismos eléctricos diseñados para insuflar aire.

La primera de las obras de serie, *How Do I Regenerate My Heart?* (2010), está representada por un corazón, anatómicamente similar al órgano real, tejido con hilo de diversos colores. Mediante grupos de texturas de puntadas diferentes, la artista distingue las partes del corazón: ventrículo derecho e izquierdo, aorta, aurícula derecha e izquierda, vena cava superior, etc. En su interior, el corazón contiene una luz LED, de color rojo, que se activa mediante un interruptor externo (figura 112).

[208] TEDMED 2015 (noviembre 2015). *The spellbinding art of human anatomy*. Recuperado de: https://www.tedmed.com/talks/show?id=530906. (Consultado el 15.05.2019)

En esta pieza, la artista reflexiona sobre la posibilidad de la regeneración de las células del corazón, un tema sobre el que, un año antes, había escrito el periodista y escritor inglés, Nicholas Wade, en un artículo publicado en la versión en línea del periódico *New York Times*, *Heart Muscle Renewed Over Lifetime, Study Finds* (2009).[209] La luz LED de color rojo colocada dentro del corazón se puede interpretar como la capacidad de regeneración del órgano. Al encenderse, el brillo de la luz manifiesta la presencia de vida.

La segunda obra de la serie es *You Take my Breath Away* (2012). Yanishevsky representa un par de pulmones, tejidos con hilo y suspendidos en el aire. La obra es visualmente más simple que la del corazón, puesto que la variedad de colores o puntadas no existe. Está compuesta por dos pulmones de color blanco, unidos entre sí por una tráquea tejida en su exterior con puntadas simples de color rosa y blanco y sostenida en su interior por acero. Cada pulmón contiene un mecanismo inflable, conectado a un interruptor. Dicho mecanismo está compuesto por ventiladores y bolsas, y es controlado por un cronómetro de ciclo repetitivo que activa los ventiladores de forma alterna. La obra muestra el mecanismo fisiológico de la anatomía de los pulmones: inflado y desinflado (figura 113).



Figura 112. Tatyana Yanishevsky,
How do I Regenerate my Heart?
hilo, acero, LED, interruptor,
25,5 x 20,3 x 15,2 cm (2010).
Fuente: human.knitplants.com



Figura 113. Tatyana Yanishevsky,
You Take my Breath Away (incluye *How do I regenerate my heart?*), hilo,
acero, interruptor, ventiladores (2012).
Fuente: human.knitplants.com

[209] Wade, N. (el 2 de abril, 2009). Heart Muscle Renewed Over Lifetime, Study Finds. *The New York Times*. Recuperado de: https://www.nytimes.com/2009/04/03/science/03heart.html?_r=1. (Consultado el 12.11.2018)

2. Miología. Manipulación formal de los tejidos musculares. Giselle Vitali

La serie *Universo Musculante* (sin fecha), de la ilustradora venezolana Giselle Vitali, muestra el diseño de patrones en embalajes de productos. Para el desarrollo de su proyecto, la artista se inspira en el diseño de las fibras musculares del cuerpo humano. Elabora diferentes dibujos digitales de los músculos, para luego manipularlos a través de programas gráficos y crear diferentes patrones.

Cada patrón utiliza la forma muscular de una manera diferente, destacando en todos los casos su textura lineal y diferentes tonos de color rosa. Algunos patrones incluyen las imágenes del músculo distribuidas sobre el fondo para formar líneas horizontales de las formas musculares unidas. Otros patrones incluyen un nivel más avanzado de manipulación de la forma muscular. Las imágenes están modificadas y distribuidas hasta formar composiciones circulares o nudosas, dejando en estos casos el fondo blanco al descubierto (figura 114).

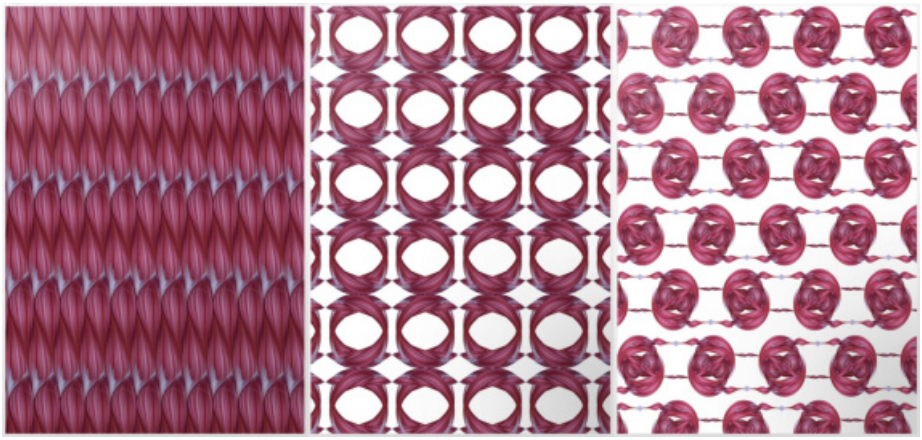


Figura 114. Giselle Vitali, *Packaging Pattern*, *Universo Musculante*, ilustración digital (sin fecha).
Fuente: streetanatomy.com

3. Sistema circulatorio. Poéticas duales cuerpo-mente. FRM

La obra de la artista canadiense FRM, *Sin título* (2011), forma parte del proyecto cultural *Silk me Back*, lanzado por la directora artística Isabelle Moulin, en Lyon (Francia), en 2011, como homenaje a la amistad entre Francia y Japón y con el fin de ayudar a las víctimas que sufrieron el accidente nuclear en Fukushima (Japón), ocurrido ese mismo año. El proyecto incluyó veinticinco kimonos, prendas tradicionales de la cultura japonesa, intervenidos por veinticinco artistas de diferentes partes del mundo.

El kimono intervenido por FRM fue realizado en colaboración con la empresa de impresión *Grain de Couleur* de París. Presenta el sistema arterial del cuerpo humano en color rojo, impreso sobre un kimono de seda blanca. El sistema arterial está compuesto por las letras del texto budista del siglo XX a.e.c., *Mahāsatipaṭṭhāna Sutta*, el Gran Discurso de los Fundamentos de la Atención, un texto sobre la práctica de meditación de introspección (figura 115). La artista muestra el carácter dual del cuerpo humano, frágil pero resistente, y lo presenta como un lugar de sufrimiento y experiencia que va más allá de nuestras ideas, prejuicios y diferencias culturales.

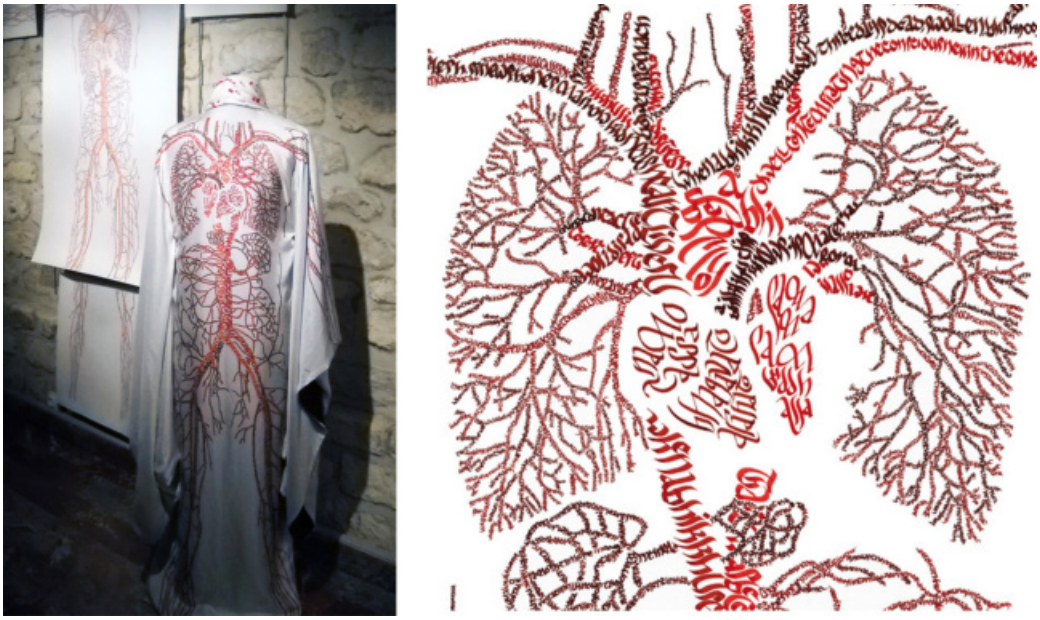


Figura 115. FMR, *Sin título*, *Silk me Back*, impresión sobre seda (2011).
Fuente: fenrisranger.tumblr.com

5.4. Neurociencia. De las primeras representaciones pictóricas del cerebro humano a la investigación artística sobre conexiones neuronales

El área de la neurociencia ha estado vinculada a la creación artística durante mucho tiempo. Las visualizaciones del conocimiento neurocientífico se analizan a través de dos grupos. El primer grupo incluye el análisis de la aparición de la neurociencia como campo de estudio independiente y las interpretaciones del cerebro y del sistema nervioso del ser humano realizadas por artistas en distintas épocas con fines educativos. Las obras seleccionadas fueron producidas entre la antigüedad y el s.XX. El segundo grupo reúne las obras de arte contemporáneo inspiradas en el campo de la neurociencia, producidas en los s.XX y s.XXI.

5.4.1. Cartografías corticales. Estudio comparativo del desarrollo del conocimiento neurocientífico

La neurociencia es la "ciencia que se ocupa del sistema nervioso o de cada uno de sus diversos aspectos y funciones especializadas."[210] Las referencias más tempranas del cerebro humano se pueden encontrar en el siglo XVII a.e.c., en el *Papiro Edwin Smith,* encontrado en Egipto. Este documento médico contiene escritos sobre cómo tratar heridas de guerra y, entre otros, describe los síntomas, el diagnóstico y el pronóstico de las heridas desarrolladas en la cabeza.

En el siglo V a.e.c., el filósofo Alcmeón de Crotona, de la Antigua Grecia, sostuvo que el cerebro era el lugar del pensamiento y las sensaciones, en contradicción con las creencias de la época, que consideraban que el centro del intelecto era el corazón.

En el siglo III a.e.c., el médico griego Herófilo de Calcedonia, contribuyó al conocimiento sobre la anatomía y la fisiología del cerebro y del sistema nervioso con sus estudios en los que distinguía el cerebro del cerebelo y describía los ventrículos.

En el siglo II e.c., en el Imperio Romano, el médico griego Galeno de Pérgamo diseccionaba cerebros de animales. Defendió que el cerebro controlaba el temperamento y las funciones corporales del ser humano. Galeno observó la diferencia que existía entre la densidad del cerebelo y del cerebro y llegó a la conclusión de que el cerebelo, de densidad superior, controlaba los músculos, mientras que el cerebro, de densidad inferior, procesaba los sentidos (figura 116).

[210] Neurociencia (sin fecha). En: *Diccionario de la lengua española. Real Academia Española*. Recuperado de: https://dle.rae.es/?id=QRy0lcZ. (Consultado el 07.05.2018)

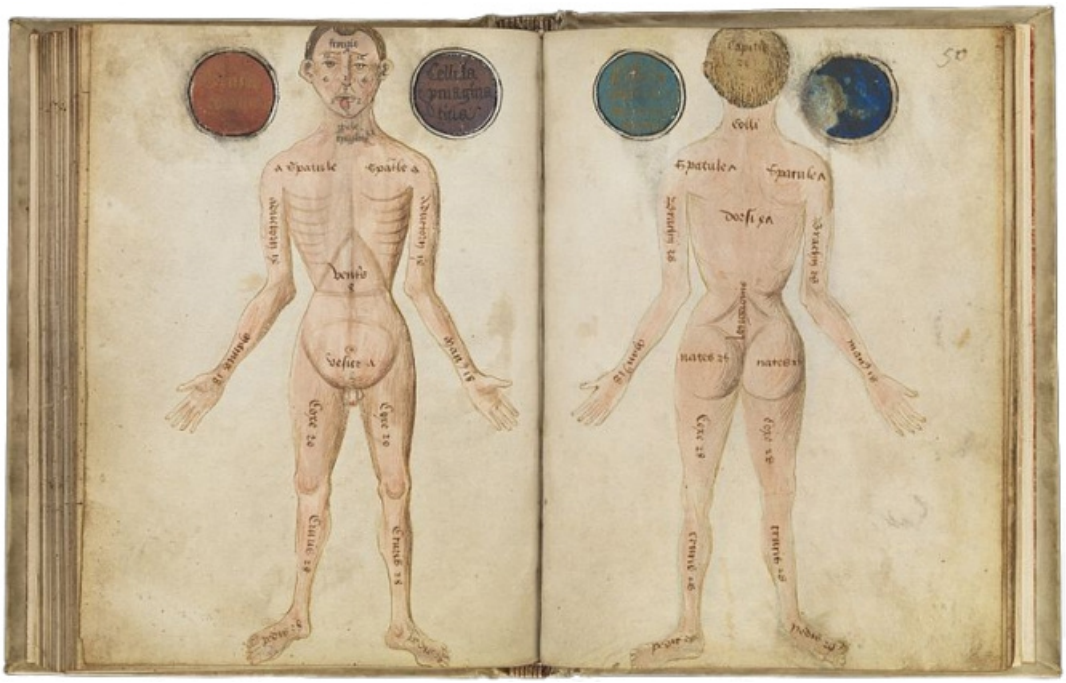


Figura 116. Ilustraciones de hombre musculoso. Vista frontal y vista posterior. Los círculos a cada lado de la cabeza muestran los cuatro supuestos ventrículos del cerebro. Tratado médico inglés atribuido a Pseudo-Galeno, inspirado en el trabajo de Galeno de Pérgamo (s.XV). Fuente: commons.wikimedia.org

En el siglo XI, el médico andalusí Abū 'l Qāsim Khalaf ibn 'Abbās al-Zahrāwī, más conocido como Abulcasis, y el médico y filósofo persa Abū 'Alī al-Husayn ibn 'Abd Allāh ibn Sīnã, conocido como Avicena, realizaron tratamientos quirúrgicos para curar lesiones en la cabeza, fracturas de cráneo, lesiones de la columna vertebral, etc.

Durante los siglos XV y XVI, el artista italiano Leonardo da Vinci realizó varios estudios de los cerebros humano y animal, reunidos en el *Manuscrito anatómico B* (1489-1507/8). En la representación de la *Sección sagital y horizontal de la cabeza humana*, el artista basó sus dibujos en fuentes médicas árabes y medievales (figura 117). Los tres ventrículos cerebrales, dibujados en forma de círculos dentro de la sección sagital de la cabeza, se pueden relacionar con la teoría del alma propuesta por Aristóteles. Según esta teoría, los tres ventrículos representan los lugares donde se localizan la sensación, la razón y la memoria. El dibujo realizado de los ventrículos cerebrales de un buey va más allá de la teoría conocida y basa su representación en la experimentación hecha por el propio artista. Familiarizado con el uso de las representaciones escultóricas de cera, da Vinci inyectó cera caliente en las cavidades ventriculares del cerebro de un buey, con el objetivo de obtener un molde preciso de los ventrículos y posteriormente dibujarlos (figura 118).



Figura 117. Leonardo da Vinci, secciones de cabeza humana (ca. 1490). En *Manuscrito anatómico B* (1489-1507/8). Fuente: www.researchgate.net



Figura 118. Leonardo da Vinci, ventrículos del cerebro de un buey (ca. 1508). En *Manuscrito anatómico B* (1489-1507/8). Fuente: www.researchgate.net

En el siglo XVI, el anatomista flamenco Andrés Vesalio propuso en su obra *De la estructura del cuerpo humano en siete libros* (1543) que el cerebro estaba formado por siete pares de nervios, cada uno de ellos con una función especializada.

En el siglo XVIII, los científicos italianos Luigi Galvani, Lucia Galeazzi Galvani y Giovanni Aldini, observaron, por primera vez, el papel que la electricidad juega en el sistema nervioso empleando ranas disecadas. Realizaron una serie de experimentos en los que exponían sus cuerpos a impulsos eléctricos y comprobando la consecuente contracción muscular.

Con el desarrollo del microscopio, la investigación del cerebro se hizo más sofisticada. El médico y citólogo italiano Camillo Golgi, desarrolló un procedimiento de tinción a finales de la década de 1890, compuesto por sal de cromato de plata, para revelar la estructura de las neuronas individuales. Su técnica fue utilizada por Santiago Ramón y Cajal, hecho que le llevó al descubrimiento de que la neurona es la unidad funcional del cerebro. Golgi y Ramón y Cajal compartieron el Premio Nobel de Fisiología y Medicina en 1906 por sus extensas observaciones, descripciones y categorizaciones de las neuronas en todo el cerebro.

Durante el siglo XX, la neurociencia se consolidó como una nueva disciplina académica independiente, separada de otras, y encargada del estudio del sistema nervioso y sus funciones.

5.4.2. Estudio de casos. Neuroimagen, neuroestética y neuroarte en la configuración del sistema nervioso

Muchos artistas contemporáneos interpretan el ámbito de la neurociencia usando diferentes técnicas y medios de expresión. Las obras seleccionadas se alejan del concepto de representación del cerebro y del sistema nervioso del ser humano con objetivos educativos. Observando la relación entre la neurociencia y el arte contemporáneo, nos enfrentamos a términos como "neuroimagen", "neuroestética" y "neuroarte". Cada uno de ellos contiene el prefijo *neuro-,* evidenciando así una relación con el sistema nervioso de los organismos vivos.

La neuroimagen se define como "toda aquella imagen que se puede obtener de estructuras neurales mediante técnicas radiológicas."[211] Tiene la función de mostrar información sobre la estructura y la función del sistema nervioso. Existen distintas técnicas que sirven para obtener neuroimágenes: las imágenes de resonancia magnética funcional (IRMf), que muestran las regiones cerebrales activas; la tomografía computarizada (TC), que ofrece imágenes de cortes o secciones del cerebro; la tomografía por emisión de positrones (TEP), que detecta la radiación emitida desde el interior del cuerpo a través de sustancias inyectadas en el torrente sanguíneo; la magnetoencefalografía (MEG), que mide la actividad cerebral a través de la captación de campos magnéticos; la electroencefalografía (EEG), que mide la actividad cerebral detectando las señales eléctricas producidas por las neuronas; etc. Algunas de las obras de arte tratadas en este capítulo utilizaron la técnica de la electroencefalografía (EEG) en su producción.

La neuroestética representa el campo de estudio científico centrado en aquella actividad del cerebro humano vinculada a la percepción de obras de arte.[212] Fue fundada por el profesor de Neurobiología del *University College London* (Reino Unido), Semir Zeki.

Un término similar, que describe el proceso creativo a través de la investigación científica, es el de "neuroarte". El filósofo belga, y fundador del *Instituto de Neuroartes*, Luc Delannoy, define el neuroarte como un término que ilustra las relaciones entre el cerebro humano, el sistema nervioso, el cuerpo y la expresión artística.[213] El catedrático español de Fisiología de

---

[211] Neuroimagen (sin fecha). En: Diccionario médico. Clínica Universidad de Navarra. Recuperado de: https://www.cun.es/diccionario-medico/terminos/neuroimagen. (Consultado el 28.07.2020)

[212] McClure, T.S. y Siege J.A. (2015). Neuroaesthetics: An Introduction to Visual Art. *Impulse: The Premier Undergraduate Neuroscience Journal*, 2015. pp. 1-7. Recuperado de: https://impulse.appstate.edu/sites/impulse.appstate.edu/files/McClure%20and%20Siegel_0.pdf. (Consultado el 28.05.2020). Pág. 1. "Neuroaesthetics is the study of how aesthetic perception, production, judgment, appreciation, and emotional response are produced and experienced from a neurobiological basis."

[213] Delannoy, L. (sin fecha). *Artes*, *filosofía*, *física cuántica*, *neurociencias*, *biología*. Recuperado de: https://www.neuroartes.com/. (Consultado el 27.03.2019). "Neuroartes es un término propuesto para ilustrar las relaciones cuánticas entre el cerebro humano, los sistemas nerviosos, el cuerpo y las expresiones artísticas y los mundos que la conciencia estructura y construye."

la Universidad Complutense de Madrid (España), Francisco Mora, describe el neuroarte como "... la comprensión en términos neurológicos de lo que llamamos arte o belleza."[214] Analizado desde un punto de vista distinto, el neuroarte se puede entender como un género de arte que interpreta temas neurocientíficos. Se trata de un tipo de expresión artística basada en la investigación neurocientífica. En el artículo *Neuroart: picturing the neuroscience of intentional actions in art and science* (2015), el artista y doctor en Estudios Interdisciplinarios en Psicología y Arte, Todd Siler, afirma que el propósito del neuroarte es la conexión y la interpretación libre de la información procedente de la neurociencia.[215] La académica de la *International School Hannover Region* (Alemania), Carin Laura D'Souza, encuentra las raíces del neuroarte en la curiosidad que siente el artista hacia temas relacionados con la conciencia, la identidad, las emociones, el sueño o la neurobiología. Su tesis doctoral, *Art and Neuroscience: The Historical Emergence and Conceptual Context of Neuro-Art*[216] (2012), describe el neuroarte como el empleo, por parte de los artistas, de conceptos y herramientas procedentes de la neurociencia. Observa la aparición de este género de forma paralela al nacimiento de la neurociencia como disciplina académica independiente de la anatomía allá por los años 60. Con el desarrollo tecnológico de herramientas diseñadas para la investigación de las señales de la actividad cerebral, tales como la Tomografía Axial Computarizada (TAC), la Tomografía por Emisión de Positrones (TEP), las Imágenes de Resonancia Magnética (RNM), etc., áreas como la neurociencia o el neuroarte han florecido.

Tanto el impacto que tuvo la neurociencia, como su interpretación a cargo de artistas contemporáneos, serán analizados a través de dos grupos de proyectos artísticos clasificados de acuerdo con las técnicas de expresión que emplean. El primer grupo lo componen proyectos enfocados en la morfología y la funcionalidad del cerebro humano, interpretándolos usando técnicas artísticas tradicionales: escultura, dibujo, pintura o grabado. El segundo grupo trata los procesos neurológicos o elementos de investigación neurocientífica fuera de su contexto.

---

214 Mora, F. (el 10 de junio, 2004). *Neuroarte y belleza*. El Cultural. Recuperado de: https://www.elcultural.com/revista/ciencia/Neuroarte-y-belleza/9773. (Consultado el 27.03.2019)

215 Siler, T. (2015). Neuroart: picturing the neuroscience of intentional actions in art and science. *Frontiers in Human Neuroscience, Vol. 9*. Julu, 2015, Article ID, 410, pp. 1-8. DOI=10.3389/fnhum.2015.00410. Pág. 3. "The meanings and intentions or purposes of Neuroart involve connecting and freely interpreting the information gathered from the neuroscience of creativity, art, and neuroaesthetics—stimulating new thoughts on the creative nature of the brain."

216 D'Souza, C. L. (2012). *Art and Neuroscience: The Historical Emergence and Conceptual Context of Neuro-Art*. (Tesis doctoral). School of Humanities and Social Science, Jacobs University, Bremen, Germany. Pág. 8. "Neuro artworks are not illustrations of a particular scientific topic, but a creative aesthetic exercise which purposefully takes scientific ideas beyond their scientific relevance. In fact, most artists explicitly move away from the scientific content that inspired them, and often explicitly declare their desire to do so."

1. Morfología y funcionalidad del cerebro humano. Cristóbal Guerra, Richelle Gribble y Greg Dunn

La exposición *El cerebro, la gran cepa azul,* del artista canario Cristóbal Guerra, celebrada en 2011 en el Museo Elder de la Ciencia y la Tecnología, de las Palmas de Gran Canaria, mostró pinturas, esculturas e instalaciones dedicadas a la representación del sistema nervioso del ser humano. Entre las obras presentadas se encontraba *La gran cepa azul* (2010), obra escultórica construida en forma de cerebro y elaborada con acero, ramas de vid y un derivado plástico, el cloruro de polivinilo (PVC). La escultura estaba iluminada por luces de color azul, verde y rojo (figura 119). Representaba la complejidad de las estructuras y redes presentes en el cerebro humano.

La exposición presentó también cuadros que representaban neuronas pintadas con manchas de diferentes colores, realizadas en acrílico sobre lienzo. Sus títulos describían diferentes aspectos del sistema neuronal. El nombre de ellos, *El Laberinto* (2010), representa la inmensa complejidad del cerebro humano. La obra *Viento neuronal II* (2010), por su parte, muestra el movimiento y la velocidad de la transferencia de información a través de las neuronas, mientras que *Sinsetesia* (2010) propone una mezcla entre los sentidos del cuerpo humano a través de la interconexión del sistema neuronal (figura 120).

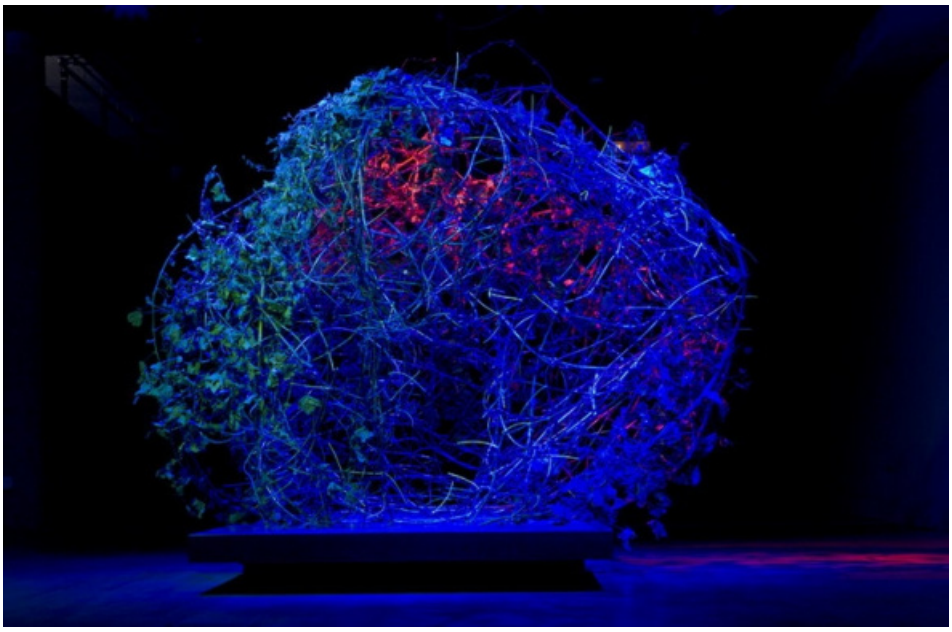


Figura 119. Cristóbal Guerra, *La gran cepa azul*, acero, cepa de vid y PVC. 193 x 290 x 260 cm (2010).
Fuente: cristobalguerra.blogspot.com

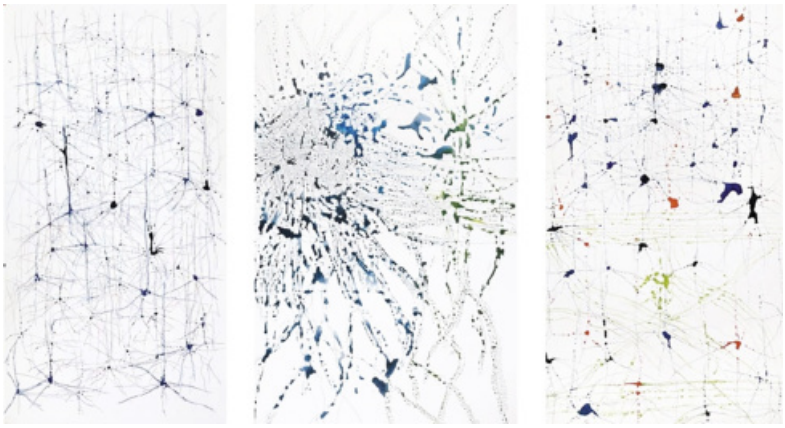


Figura 120. Cristóbal Guerra. De izquierda a derecha: *El laberinto,* acrílico sobre lona, 194 x 123 cm; *Viento neuronal II,* acrílico sobre lona, 200 x 23 cm; *Sinestesia* acrílico sobre lona, 220 x 123 cm (2010). Fuente: cristobalguerra.blogspot.com

La serie *Neural networks* (2015-2016), de la artista estadounidense Richelle Gribble, incluye diez dibujos realizados sobre temas neurocientíficos. Presenta el resultado artístico de la residencia de arte y ciencia *Bridge,* organizada por *SciArt Center* en Nueva York (EE.UU), en la que participó la artista. La residencia se realizó de forma virtual y proporcionó el contacto entre artistas y científicos interesados por un mismo tema. Durante la residencia, Gribble colaboró estrechamente con la neurobióloga Dana Simmons.[217]

Los dibujos de la serie *Neural networks* tratan cuestiones neurológicas relacionadas con la morfología fractal de la célula de Purkinje, la neurona más voluminosa del cerebro y que posee tiene una compleja forma ramificada (figura 121). Las células de este tipo forman una capa límite entre la capa molecular y la de las células granulosas del cerebro, estableciendo contactos sinápticos con los axones de otros tipos de neuronas presentes en la capa granulosa. Gribble y Simmons se inspiran en la forma ramificada de la célula de Purkinje, buscando formas similares en el mundo físico que nos rodea.[218] Las cuestiones visualizadas en los dibujos de Gribble se basan en las siguientes preguntas: ¿Por qué los científicos usan ratones para estudiar enfermedades? ¿Qué otros ejemplos del patrón de Purkinje existen en la naturaleza? y ¿Tengo cerebro derecho o cerebro izquierdo? Cada dibujo propone una respuesta a alguna de estas preguntas.

Uno de los resultados de la colaboración de Gribble y Simmons es la serie de dibujos *Interwined* (2015). La serie está compuesta por cinco dibujos que recopilan varios símbolos,

[217] La colaboración se llevó a cabo durante la residencia virtual *The Bridge: Experiments in Science and Art* entre el 2015 y el 2016 en duración de 4 meses, organizada por SciArt Center de Nueva York (EE.UU).

[218] Gribble, R. y Simmons, D. (2016). *The Trees Inside of Our Brain.* New York, USA: SciArt Center. Pág. 4. "We both share an undeniable curiosity for comparing our neural networks to the biological, geographical, social, and technological networks that shape our world."

imágenes y contenidos que ponen en relación vínculos inherentes entre los seres humanos y el medio ambiente (figura 122).



Figura 121. Richelle Gribble. De izquierda a derecha: *Am I right-brained or Left-brained*; *What is a Purkinje Cell*. Tinta, carboncillo y grafito sobre papel, 23 x 30,5 cm c/u (2016). Fuente: www.richellegribble.com



Figura 122. Richelle Gribble, *Interwined 5*, grafito, tinta, carboncillo y acuarela sobre papel, 75 x 60 cm (2015). Fuente: www.richellegribble.com

La obra *Cortical Columns* (2014), del neurocientífico y artista estadounidense Greg Dunn, se inspira también en el cerebro humano. La base de la obra es un panel aluminizado. El artista utiliza oro, tinta, colorante y mica, un mineral de silicato brillante, para dibujar patrones ramificados de redes neuronales (figura 123).

El cuadro *Gold Cortex II* (2013) presenta pinceladas finas de tinta sobre oro de 22 quilates (figura 124). En la entrevista realizada para la página dedicada a arte y neurociencia, *The Beautiful Brain*, el artista compara la elegante y espontánea disposición de la forma neuronal con las composiciones formales de la pintura tradicional asiática conocida como sumi. Módulos similares se repiten a escalas diferentes. La estructura fractal de las dendritas está morfológicamente presente en la ramificación de un árbol o en las grietas del pavimento, así como en la forma de ríos o rayos.[219]



Figura 123. Greg Dunn, *Cortical Columns*, oro y tinta sobre panel aluminizado, 92 x 122 cm (2014).
Fuente: www.gregadunn.com

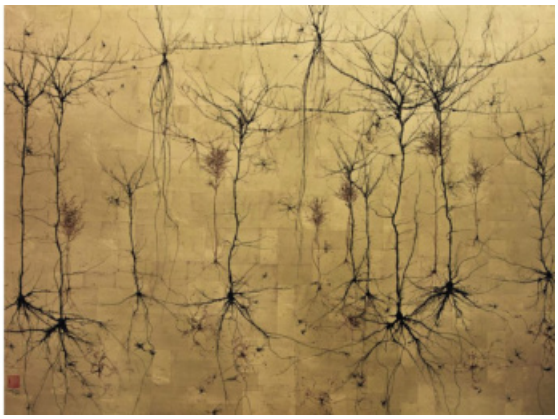


Figura 124. Greg Dunn, *Gold Cortex II*, tinta sobre oro de 22k, 122 x 92 cm (2013)
Fuente: www.gregadunn.com

Gracias a su formación en el campo de la neurociencia, las obras de Dunn son anatómicamente correctas. El artista usa fotomicrografías como referencia para la creación de sus pinturas. Para no perder la espontaneidad del proceso creativo, Dunn añade a este fotorrealismo una interpretación artística. De la compleja estructura neuronal, interpreta solo algunas neuronas en sus pinturas. De este modo consigue claridad y mayor compresión de las formas neuronales.

La obra *Selfreflected* (2016), realizada con la técnica de micrograbado, es una representación detallada y compleja del cerebro humano.[220] Esta técnica fue desarrollada por Dunn junto a Brian Edwards, especialista en termodinámica, simulación molecular y mecánica estadística. La obra está realizada a partir de los datos de un escaneo cerebral adaptados al diseño de circuitos neuronales simulados. Mediante la técnica de

[219] Hutton, N. (2011). Interview with Greg Dunn. *The Beautiful Brain*. Recuperado de: http://thebeautifulbrain.com/2011/11/interview-gallery-greg-dunn/. (Consultado el 28.02.2018). "The branching form of a dendrite is nearly identical to the form of a branching tree, a series of cracks in the pavement, the movement of rivers and streams as viewed from space, or a lightning bolt."

[220] Drinker, W. (el 21 de marzo, 2014). *An Introduction to Microetching*. Recuperado de: https://www.youtube.com/watch?v=GLt5A29N0zg. (Consultado el 17.10.2017).

micrograbado, estos datos se graban sobre placas de oro en una escala microscópica y a diferentes ángulos. La iluminación resulta fundamental en la presentación de la obra. Las placas de oro reflejan la luz, visualizando la grabación registrada en ángulos de inclinación similar. El resultado es una obra que, iluminada desde distintos ángulos, representa distintas partes del cerebro, mostrando su complejidad (figura 125).

El motivo principal para utilizar la técnica de micrograbado para el desarrollo de la obra fue facilitar la compresión de las estructuras complejas del cerebro, dado que esta técnica facilita la separación de los diferentes componentes de la imagen en unidades más discretas, visibles cada una de ellas mediante el cambio de ángulo. El resultado es la posibilidad de tener un conjunto de finas estructuras sin sobrecargar la imagen. El artista pretende facilitar una visión innovadora y sugerente de las estructuras complejas del cerebro.



Figura 125. Greg Dunn, *Selfreflected*, micrograbado en oro, 244 x 330 cm (2016).
Fuente: www.gregadunn.com

La creación de la obra fue financiada por la Fundación Nacional de la Ciencia de Virginia (EE.UU) en 2016. Su realización duró dos años. Aparte de proporcionar una imagen creativa impactante que acerca el conocimiento neurocientífico al público general, con investigación y creación sobre la tecnología de su producción, la obra también contribuye a la compresión del cerebro humano por el público científico especializado.[221] *Selfreflected* presenta el cerebro a nivel macroscópico, pero a la vez da idea sobre el comportamiento de

[221] Bright, R. y Buntaine, J. (2016). On 'Self Reflected'. *Interalia*, *Memory Networks* Issue|September, 2016. Recuperado de: https://www.interaliamag.org/interviews/greg-dunn-on-self-reflected/. (Consultado el 17.10.2017). "It is an attempt to bridge the gap between the scientific and artistic worlds, a method to inspire a new generation of neuroscientists, and a way to give the average person an opportunity to deepen their understanding of their own brain."

las neuronas a nivel microscópico. La complejidad en este caso no es solamente mostrar la belleza estética de la obra, sino también su belleza conceptual. Lo que la obra transmite es la compresión de la complejidad total del cerebro, gracias a los efectos cinéticos que la luz produce en el soporte, con lo que consigue que se muestren varias capas de neuronas de forma simultánea.

2. Procesos neurológicos y descontextualización de los elementos de neurociencia en procesos de investigación. Robert Morris, Jill Scott y Maurice Benayoun

La obra *Self-Portrait (EEG)* (1963), del artista estadounidense Robert Morris, muestra un encefalograma del propio artista. Para crear la obra, Morris se realizó un electroencefalograma que le medía la actividad eléctrica de la corteza cerebral a través de unos discos metálicos planos, llamados electrodos, colocados sobre su cabeza. Los electrodos transmiten la información sobre la actividad eléctrica del cerebro a una grabadora mediante cables, de tal modo que las señales eléctricas se convierten en patrones lineales ondeados que se muestran en la pantalla o quedan dibujados sobre un papel. En el caso de la obra de Morris, los patrones creados por su actividad cerebral están dibujados sobre papel. La obra tiene unos 180 cm de longitud, lo que coincide con la altura del artista. Morris encontró una nueva forma de representarse a sí mismo a través del autorretrato neurocientífico (figura 126). Aunque la obra final no interpreta temas propios de la neurociencia, utiliza sus técnicas procedimentales para la creación artística.

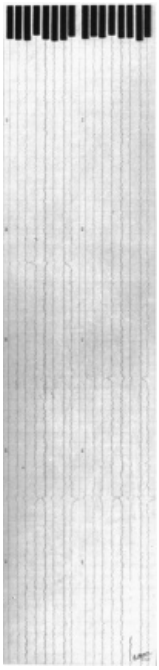


Figura 126. Robert Morris, *Self-Portrait* (EEG), gráfico de electroencefalograma, 179,7 × 43,2 cm (1963).
Fuente: books.openedition.org

El proyecto *Neuromedia: Art and Neuroscience Research,* de la artista australiana Jill Scott, es el resultado de dieciséis años de investigación transversal entre el campo de la neurociencia y el arte. El análisis incluye seis obras escultóricas ejecutadas durante una residencia artística en los laboratorios de neurociencia de la *University of Zurich* (Hospital de la Universidad de Zurich, Instituto de Ciencia Molecular y el Laboratorio de Inteligencia Artificial): *Somabook*, *Auralroots*, *E-Skin*, *Dermaland*, *Electric Retina* y *Jellyeyes*. Todas las obras de esta serie son interactivas y tratan cuestiones relacionadas con la percepción sensorial del ser humano.

1) *Somabook* (2010/2011) es una escultura multimedia, interactiva. Muestra el desarrollo del sistema neuronal del ser humano a partir de un tubo neural. El tubo neural es una estructura cilíndrica que está presente en un embrión humano a partir de la tercera semana de concepción, y que deriva de una región específica del ectodermo llamada placa neural. Es el tubo neural donde se origina el sistema nervioso central. La obra muestra la corteza somatosensorial del cerebro humano, encargada de recibir e interpretar la información procedente del tacto. La escultura está formada por dos partes interactivas: una digital, y otra escultórica (figura 127). La parte escultórica de la obra soporta las pantallas interactivas y tiene la forma del tubo neuronal. Está inspirada en una muestra de tejido vista a través de un microscopio electrónico de barrido (SEM), tomada de la columna vertebral humana. Su forma de libro ha surgido de la técnica de disección "a libro abierto" que se aplica en la investigación del tubo neuronal – realizando un corte a lo largo de la mitad del tubo de modo que quede abierto como un libro.[222] El espectador puede colocar sus manos dentro del tubo neuronal, donde se encuentran tiras de sensores electrónicos táctiles conectados con las pantallas. Tocando los sensores, el visitante influye en el movimiento de los axones presentes en las pantallas.



Figura 127. Jill Scott, *Somabook*, escultura multimedia interactiva (2010/2011).
Fuente: vimeo.com y digitalekunst.ac.at

[222] Scott, J. (el 11 de marzo, 2013). *Somabook - Art and Neural Development.* Recuperado de: https://vimeo.com/61559326. (Consultado el 20.09.2017). "When researchers are doing their research on neuro tube, they actually make a dissection through the middle of the tube and then they actually cut this part open here at which point the actual tube falls open."

La parte digital contiene dos pantallas táctiles colocadas en forma de libro en la parte superior de la obra. Las pantallas reproducen vídeos en bucle de la investigación neuronal realizada en el laboratorio, así como vídeos de una bailarina que muestra como se activan y desactivan los circuitos neuronales cuando nos movemos. Los visitantes pueden modificar la proyección de las imágenes en las pantallas utilizando los botones situados a los lados de cada una de las pantallas (la textura, la forma y el tamaño de los objetos, la elasticidad del cuerpo humano, etc.)

La obra es el resultado de la colaboración entre Scott, la profesora Esther Stoeckli, del Instituto de la Ciencia Molecular de la *University of Zurich,* y la bailarina Meret Schlegel, que ejecutó los movimientos relacionados con el estado del sistema nervioso.

2) *Auralroots* (2015) muestra los resultados de la experimentación con percepción sensorial táctil y auditiva. Se trata de una instalación multimedia interactiva compuesta por una estructura de metal que contiene una pantalla táctil y dos esculturas colgantes, de color blanco, que representan la forma y la función de los estereocilios, diminutos pelos de las células auditivas del oído interno que están situadas en la cóclea. Cada escultura está formada por 9 estereocilios, una con los internos y la otra con los externos, suspendidos del techo. Los estereocilios están conectados entre sí con cuerdas, de modo que cuando uno de ellos se mueve, afecta a los otros (figura 128).

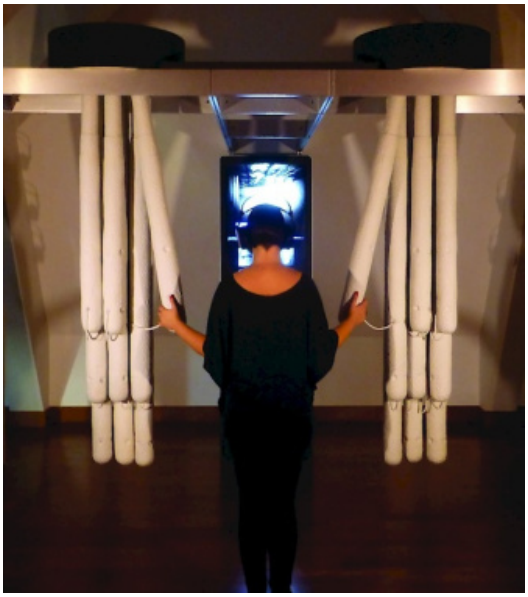


Figura 128. Jill Scott, *Auralroots*, escultura multimedia interactiva (2015). Fuente: digitalekunst.ac.at

La pantalla táctil colocada en la estructura metálica ofrece a los visitantes la posibilidad de elegir diferentes composiciones sonoras basadas en bucles de sonido de rangos de tono

bajo, medio y alto. Cada composición sonora va acompañada de imágenes científicas de la cóclea que se visualizan en la parte superior de la pantalla. La composición que representa el rango bajo del sonido se inspiró en el hecho de que la audición es el primer sentido que se desarrolla en un embrión, y contiene sonidos de grabaciones científicas dentro del útero que se mezclan con sonidos filtrados desde fuera del cuerpo. La composición que registra el rango medio muestra la información obtenida de la forma verbal e incluye narraciones leídas por australianos indígenas sobre el uso de las raíces, mezclándolas con sonidos del paisaje. La composición que registra el rango superior contiene tonos fuera del rango sonoro para muchos seres humanos, dependiendo de su edad y su capacidad sensorial. En este caso, las pruebas científicas sobre los límites auditivos se mezclan con sonidos de laboratorio. La interacción consiste en elegir la composición de uno de los tres rangos y transmitirla a través de auriculares inalámbricos. Al tocar las partes de la escultura que representan los estereocilios exteriores, el visitante influye en el volumen y el sonido de la composición. Al tocar las partes de la escultura que representan los estereocilios internos, afecta a la armonía de la composición.

3) La obra *E-Skin* (2003-2006) muestra la complejidad estructural y perceptiva de la piel humana. Incluye un conjunto de interfaces que simulan electrónicamente las cuatro modalidades perceptivas de la piel humana: temperatura, presión, vibración y propiocepción. En el vídeo sobre la obra, *E-SKIN - art and tactile perception* (2013), la artista describe estas cuatro modalidades perceptivas y el modo en que las interpretó en el desarrollo de su obra: la temperatura se manifiesta a través de las terminaciones neurales libres; la presión es medida por las células de Merkel, situadas en la dermis, la capa de la piel situada bajo la epidermis; la vibración proviene del movimiento de los pelos de la piel. Estos tres sentidos se complementan con el sentido de la propiocepción, la percepción de nuestra posición en el espacio.[223]

La obra incluye tres interfaces inalámbricas interactivas que muestran las cuatro modalidades previamente analizadas, y tres pantallas que muestran el comportamiento de estas modalidades en el espacio virtual. Cada interfaz tiene forma de semiesfera. En su superficie se encuentran sensores quirúrgicos que miden el aumento de temperatura, sensores piezoeléctricos que miden la vibración y sensores de presión. El sensor infrarrojo suspendido del techo se encarga de medir el movimiento del cuerpo. En el interior de las interfaces hallamos un sistema electrónico compuesto por una placa de acondicionamiento de la señal y los convertidores de señal A/D (analógico a digital) que comunican a una serie

[223] Scott, J. (el 11 de marzo, 2013). *ESKIN - art and tactile perception.* Recuperado de: https://vimeo.com/61534646. (Consultado el 27.02.2018). "These are temperature, picked up by the free nerve endings; pressure, measured by the Merkel cells in the dermus; and vibration, which comes from the movement of the skin hairs. These senses are helped by the sense of the proprioception, or the relative feedback of the position of our body in space."

de ordenadores, por vía inalámbrica, los datos registrados de los usuarios. Estos ordenadores envían una imagen visual que es proyectada sobre pantallas situadas junto a los altavoces (figura 129).

Interactuando con las interfaces, los usuarios son capaces de modificar las imágenes y el sonido. Tocando los sensores quirúrgicos, modifican el volumen de la composición con la temperatura de su cuerpo y la duración de la interacción. De esta manera, tres usuarios actuando simultáneamente pueden crear una composición sonora única. Interactuando con los sensores de la vibración, cambian la velocidad de las animaciones. Inclinando la interfaz, pueden inclinar la imagen de la pantalla.



Figura 129. Jill Scott, *E-Skin*, escultura multimedia interactiva (2003-2016). Fuente: www.jillscott.org

4) La escultura interactiva *Dermaland* (2008-2009) es un modelo tridimensional inspirado en la textura de la piel humana. Está construida a partir de imágenes de epidermis y de segmentos de dermis de piel humana capturadas por un microscopio electrónico de barrido. La artista compara las formas de la piel con las formas de la superficie de la Tierra. Debajo del modelo, una pantalla LCD proyecta la imagen de un flujo, que representa, por una parte, la sangre que circula bajo la piel y, por otra, el flujo vital de los ríos. El color del flujo cambia de rojo a azul, insinuando el papel dual del modelo: el flujo de color azul representa los ríos en el paisaje de la Tierra vistos desde arriba, mientras que el flujo de color rojo recuerda a la circulación subcutánea de la sangre. Tanto el modelo como la pantalla se fijan en un soporte de madera de 80 cm de largo y 40 cm de ancho, con una altura de 48 cm (figura 130). Dos robots de constitución redonda circulan sobre la superficie del modelo. Cada uno de ellos dispone de una luz LED a la espalda, que es rastreada por una cámara aérea ubicada en el techo de la instalación. Esta cámara activa un

proyector que emite imágenes sobre las espaldas de los robots a la vez que va siguiendo sus movimientos. Mientras la superficie de la escultura se asemeja a la piel humana, la morfología de los robots recuerda a la forma de los ácaros del polvo que se nutren de células cutáneas epidérmicas y dérmicas. La superficie terrestre representada está inspirada en el curso del *South Alligator River*, localizado en el Parque Nacional Kakadu en Australia. Los robots, en su desplazamiento sobre la superficie, alegorizan máquinas creadas por el ser humano en su afección sobre el paisaje natural y el entorno.

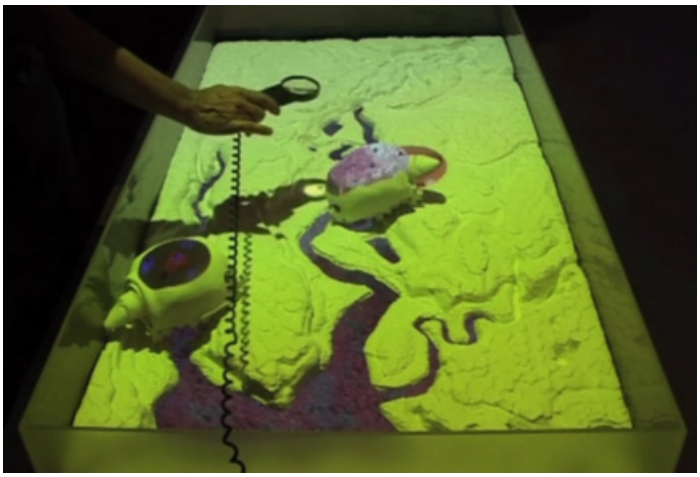


Figura 130. Jill Scott, *Dermaland*, escultura multimedia interactiva (2008-2009).
Fuente: vida.fundaciontelefonica.com

La instalación contiene dos lupas puestas a disposición de los visitantes. Funcionan de manera similar a los robots: en sus empuñaduras tienen instaladas las luces LED que son rastreadas por la cámara aérea, lo que genera la proyección de imágenes siguiendo su movimiento. Las proyecciones que siguen el movimiento de los robots y de las lupas incluyen imágenes celulares y moleculares generadas por microscopía óptica, microimágenes de humedad generadas por una cámara HDTV y partes del cuerpo humano que muestran los efectos de la exposición a la radiación UV en la piel humana. Moviendo las proyecciones, se revelan las secuelas de esta radiación en los tejidos celular y molecular.

5) La obra *Electric Retina* (2008) es una escultura interactiva dedicada a la percepción visual humana. Scott parte de una investigación científica sobre la percepción, basada en el trabajo con el pez cebra, especie con una retina que es similar a la del ser humano. La escultura, situada sobre un soporte en forma de ortoedro, es un modelo en forma de esfera de gran tamaño que representa una retina humana. Su superficie está hecha de materiales reciclados. Está formada por dos semiesferas de fibra de vidrio reutilizadas de la parte superior de contenedores de gas (figura 131).

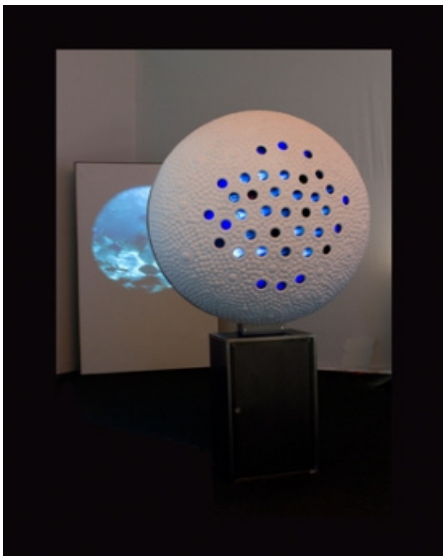


Figura 131. Jill Scott, *Electric Retina*, escultura multimedia interactiva (2008). Fuente: designing.rutgers.edu

La superficie de una de las semiesferas tiene una textura inspirada en los fotorreceptores del pez cebra, imágenes que han sido obtenidas por un microscopio electrónico de barrido. La textura está creada con una mezcla de espuma de poliestireno y pasta de modelar. Su superficie contiene varios túneles de forma cónica, elaborados a base de tubos de plástico y cristal. En el interior de la escultura, tras la semiesfera, una pantalla LCD se encarga de mostrar vídeos en bucle de una investigación científica realizada en la *University of Zurich* sobre la visión: pruebas histológicas, imágenes celulares y palabras clave relacionadas con la investigación de la degeneración macular, enfermedades humanas del ojo y diversas deficiencias genéticas. Por su parte, la otra semiesfera tiene una superficie plana con un único orificio en su centro. A través de él, sobre la pared, se proyecta un serial de cinco vídeos. Estos vídeos son la interpretación artística de las imágenes científicas de la pantalla LCD proyectadas por el otro componente de la escultura. El orificio contiene una lente y un anillo móvil. Interactuando con el anillo, los observadores pueden cambiar los vídeos sirviéndose de un programa de Linux ubicado en un reproductor multimedia situado en bajo la escultura.

La escultura *Electric Retina* surgió como resultado de la residencia artística de Scott en el Grupo Stefan Neuhauss de Neurobiología, en el Instituto de Zoología de la *University of Zurich* (Suiza). La producción de la obra duró seis meses y se realizó en colaboración con seis expertos que aportaron su conocimiento sobre el tema. Su objetivo es ofrecer al público una mejor compresión de la percepción visual y de posibles enfermedades y degeneraciones del sistema visual.

6) El proyecto *Jellyeyes* (2016 – presente) es una obra interactiva que reúne el conocimiento de los campos de la neurociencia y de la ecología a través de experiencias de la realidad aumentada. La obra muestra a los espectadores la evolución del ojo humano y su relación con los de determinadas especies marinas (en particular, con los de la medusa australiana y el calamar). La obra se compone de seis pantallas verticales, unidas en forma de semicírculo, que presentan una fotografía de la Gran Barrera de Coral en Australia. El espectador tiene a su disposición un iPad incrustado en una peana redondeada -en semejanza al nervio óptico del ojo humano- y que apoya en un soporte en forma de ortoedro vertical situado en el centro frente al semicírculo. A través del iPad, el usuario puede ver el vídeo de la Gran Barrera de Coral en tiempo real. Dirigiendo la cámara del iPad hacia diferentes partes de la fotografía mostrada en las pantallas, se visualizan diferentes bucles de vídeo, programados para cambiar en función de la parte de la fotografía que se observa (figura 132).



Figura 132. Jill Scott, *Jellyeyes*, escultura multimedia interactiva (2016-presente). Fuente: www.mqw.at

Los vídeos incluyen sonidos subacuáticos reales y animaciones 3D de tres temas diferentes vinculados con la evolución de la visión:

- Coevolución. Visualiza los resultados de la interacción y convivencia de especies diferentes, su comportamiento y su evolución física. En la pantalla de iPad se muestra cómo un biólogo marino recolecta, bajo el agua, especímenes simbióticos

de coral. Si el espectador toca el icono de temperatura, el agua se calienta. El cambio en la temperatura afecta a las bacterias, los corales, las algas, los calamares y las medusas.

- Evolución estructural. Trata el tema de los cambios que pueden surgir en el sistema biológico del ojo. Los usuarios pueden explorar la evolución de los fotorreceptores de diferentes especies.

- Evolución comparada. Compara la estructura orgánica de los ojos de diferentes especies. Los usuarios pueden elegir una de las tres estructuras presentes en el ojo de una medusa, el de un calamar o el ojo humano y "ver" a través de ellos.

El proyecto *Brain Factory* (2016), del artista francés Maurice Benayoun, es una instalación interactiva que ofrece a los observadores la posibilidad de visualizar lo abstracto: convertir los pensamientos y las emociones en objetos tridimensionales generados por una impresora 3D. El proyecto fue desarrollado en colaboración con el profesor de la Escuela de Medios Creativos y Departamento de Arquitectura e Ingeniería Civil en Hong Kong, Tobias Klein.

La instalación usa datos de electroencefalografía capturados por la Interfaz cerebro-ordenador (ICO)[224], tecnología basada en la adquisición y procesado de ondas cerebrales. Con la interfaz puesta en la cabeza, los espectadores están sentados enfrente de una pantalla donde se proyectan palabras relacionadas con ciertos conceptos abstractos, tales como el amor o la libertad. Los datos capturados por la interfaz son analizadas por un ordenador que filtra cuatro tipos de ondas emitidas por el cerebro. A través del programa *Shape Generator*, las ondas se convierten en formas tridimensionales confeccionadas gracias a tecnología de la impresión 3D, construyendo así una colección 3D de representaciones abstractas producidas por el ser humano[225] (figuras 133 y 134). Cada individuo tiene su propia respuesta emocional a las palabras y conceptos que se le muestran en la pantalla, produciendo unas ondas cerebrales únicas que resultan en la creación de formas generativas diferentes. El objetivo del proyecto es examinar el concepto de naturaleza humana en relación con la creatividad, la cognición y la emoción, y también las posibilidades de la interacción del ser humano con la máquina. La obra se centra en dos ideas – la materialización y la desmaterialización del pensamiento humano – que, según Benayon y Klein, dominan el mundo cultural e industrial actual.

[224] Brain Computer Interface (BCI)

[225] Benayoun, M. (el 29 de junio, 2017). *The Brain Factory*. Recuperado de: https://www.youtube.com/watch?v=dLKQdB6CNFU. (Consultado el 28.02.2018). "Thousands of Brain Workers contribute to build the 3d glossary of human abstractions."

La idea de la materialización supone la conversión de un concepto, idea o proyecto a un objeto físico, material, a través de una impresión digital, un tallado, un corte por láser, etc. La desmaterialización representa el proceso opuesto. Convierte un objeto físico en datos por digitalización, escaneo, modelado, cuantificación o creación de redes.



Figura 133. Maurice Benayoun, *Brainfactory*, instalación (2016). Fuente: benayoun.com

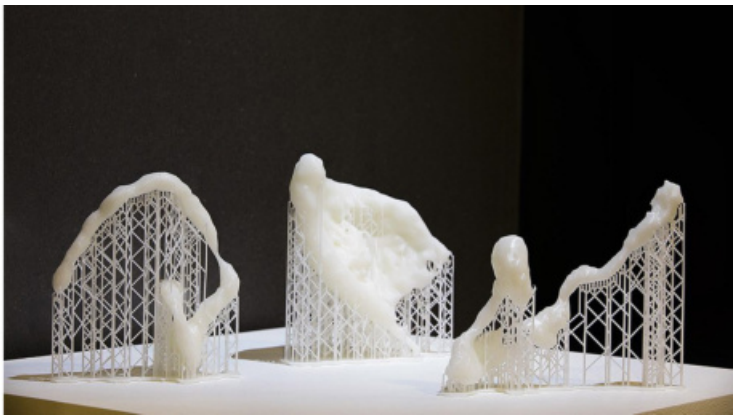


Figura 134. Maurice Benayoun, *Brainfactory*, objetos tridimensionales impresos en 3D (2016). Fuente: benayoun.com

Los autores nombran al proceso de materialización con el término *reificación* - uno de los principales objetivos del ser humano. Su contrario, la desmaterialización, es descrita como resultado de la *sublimación*, proceso que en física alude al paso del estado sólido al gaseoso sin pasar por el líquido, pero que al mismo tiempo representa la metáfora del proceso artístico, que se desarrolla más allá de lo material en la creación de la expresión sublime de la realidad.[226]

[226] Benayoun, M. (marzo, 2016). *Brain Factory*. MOBEN. Recuperado de: http://benayoun.com/moben/2016/03/05/brain-factory/. (Consultado el 19.09.2017). "'Sublimation', in physics, the mutation from solid to gas without going through the liquid state, is also a metaphor for the artistic process, going beyond the materiality of things to create the most "sublime" expression of reality. Sublimation couldn't be more appropriate to express the strong wave of dematerialization that affects our daily life."

5.5. Genética. Generación de la identidad y la unicidad. Lenguajes, elementos y procesos de la investigación genética en la creación visual

La genética se define como la parte de la biología que trata de la herencia y de lo relacionado con ella. Proviene de la palabra latina *geneticus*, que significa "relativo al origen", o de la palabra *genĕsis*, con el significado de "origen" o "proceso de formación de algo".[227] Analizado como una fuente de inspiración artística, el ámbito de la genética se puede concebir como aquel conocimiento que satisface la curiosidad humana en lo que respecta a los elementos generativos y biológicos que determinan nuestra identidad. Para determinar esta conexión entre el ámbito artístico y el campo de la genética, es necesario analizar qué elementos determinan la identidad de los organismos vivos.

El ácido desoxirribonucleico (ADN) es un ácido nucleico que contiene la información e instrucciones genéticas necesarias para determinar el desarrollo y el funcionamiento de todos los organismos vivos. Está compuesto por dos cadenas enfrentadas en forma de doble hélice y que contienen cuatro nucleótidos, denominados "adenina" (A), "citosina" (C), "guanina" (G) y "timina" (T). Estos cuatro elementos están incrustados en ambas cadenas siguiendo secuencias complementarias y formando pares entre sí: la adenina de una cadena se asocia a la timina de la otra cadena, mientras que la guanina lo hace con la citosina. El orden de disposición de los nucleótidos se denomina "secuencia genética" y determina la información presente en el ADN. Los genes representan las unidades funcionales de información genética que comprenden toda la secuencia de ADN necesaria para construir una proteína. Las secuencias genéticas del ser humano están formadas por unos 3.000 millones de nucleótidos repartidos en un conjunto de 23 pares de cromosomas, estructuras formadas por ADN y proteínas que contienen la mayor parte de la información genética de un ser vivo. Cada individuo recibe la mitad de la información genética de cada uno de sus ascendientes. Cada combinación es única y determina la identidad del individuo.

Aunque el ADN fue aislado por primera vez en 1869, por el doctor y biólogo suizo Friedrich Miescher, oficialmente fue descrito por el biólogo molecular británico Francis Crick y el genetista, biólogo molecular y zoólogo estadounidense James Watson, en 1953. En el artículo *Molecular structure of nucleic acids: A structure for deoxyribose nucleic acid*[228] (1953), Watson y Crick anunciaron que la estructura de la molécula de ADN es de doble hélice y facilitaron información sobre los conceptos de "herencia", "origen", "individualidad"

[227] Genética (sin fecha). En: *Diccionario de la lengua española. Real Academia Española*. Recuperado de: https://dle.rae.es/gen%C3%A9tico. (Consultado el 06.04.2020)

[228] Watson, J. D. y Crick, F. H. C. (1953). *Molecular structure of nucleic acids: A structure for deoxyribose nucleic acid*. Nature, Vol. 171**,** 25 April 1953. p.p. 737–738. doi:10.1038/171737a0

y "género". La artista multimedia estadounidense Ellen K. Levy, en su artículo *Contemporary Art and the Genetic Code: New Models and Methods of Representation* (1996), sostiene que la publicación del trabajo de Watson y Crick fue crucial para la conexión de la genética con la creación artística. La información sobre el código genético ha sido un elemento innovador que ha tenido una fuerte influencia en el ámbito del arte.[229]

5.5.1. Muestrarios de códigos genéticos. Interés, divulgación y comercialización por las secuencias genéticas. Información, transcripción y procesamiento de los recursos hereditarios

La atracción de los artistas por los conocimientos de la genética se puede observar atendiendo a tres puntos de vista:

1. Divulgación y popularización de las investigaciones científicas relacionadas con el campo de la genética. Los descubrimientos científicos sobre la cadena de ADN han abierto un nuevo campo de investigación basado en información innovadora sobre propiedades de los seres vivos que determinan la individualidad. Con estos descubrimientos, la información pasó a estar disponible para el público general, y no solamente para el personal científico. Los artistas utilizaron el nuevo conocimiento para la creación, abordando temas a los que antes no habían podido acceder. De esta manera, los artistas hicieron divulgación del conocimiento científico conectando la ciencia con el público general.

2. Interés por la identidad y por la unicidad en el ser humano y en otros organismos vivos. Considerar la identidad como resultado de un conjunto de elementos o características que distingue a los individuos se ha convertido en un tema próximo con el desarrollo de la genética, especialmente en lo que respecta a la representación de los seres humanos. Gracias a los descubrimientos científicos se ha hecho posible explicar los componentes que hacen los individuos diferentes, aunque pertenezcan a la misma especie. Disponer de esta información ha influido en las representaciones clásicas que se han hecho del cuerpo humano. Los artistas empezaron entonces a observarlo partiendo de sus elementos compositivos y representándolo en ocasiones de forma codificada.

3. Comercialización de los productos resultante de la investigación genética. La comercialización del material genético cambió la perspectiva del cuerpo humano convirtiéndolo en un producto. El artículo *The influence of genetics on contemporary art* (2002), publicado de forma conjunta por la artista Suzanne Anker y la socióloga Dorothy Nelkin, observa cómo el cuerpo humano está compuesto por células e información genética

[229] Levy, E. (1996). Contemporary Art and the Genetic Code: New Models and Methods of Representation. *Art Journal, Vol. 55*(1), pp. 20-24. doi:10.2307/777802. Pág. 20. "By establishing a common basis for all life, the genetic code refashions memento mori, transformation, and organic themes pervasive in art and emerges as a model of generativity, authority, and controversy for artists."

que lo convierten en un producto lleno de datos[230]. La comercialización de la investigación sobre el cuerpo humano se puede relacionar con la minería de datos y con el proceso de búsqueda de patrones presentes en grandes volúmenes de datos complejos.

La problemática con las patentes biológicas, el conjunto de derechos que una persona o una empresa pueden tener para explotar comercialmente el uso de organismos vivos durante un tiempo específico, radica en las consecuencias éticas de patentar material genético, que comprende sustancias y/o procesos que pertenecen a la naturaleza. El alcance de este tipo de patentes depende de las jurisdicciones existentes en cada país.

5.5.2. Estudio de casos. Representación simbólica y procesal de sistemas de datos biológicos. Replica de la apariencia y del comportamiento de los organismos vivos

Las obras de arte seleccionadas que se van a analizar en esta sección se pueden dividir en tres grupos, según la forma de interpretar los conceptos y elementos del campo de la genética. El primer grupo utiliza el lenguaje citogenético (estudio de los cromosomas) y de la genética molecular (estudio de la estructura y la función de los genes) como elementos creativos para la realización de sus obras. El segundo grupo trata el ADN como un sistema de códigos. El tercer grupo se dedica a la manipulación del ADN de plantas y animales, añadiéndoles características de otras especies.

1. Técnicas de caracterización de la biología molecular y la citogenética. Suzanne Anker y David Aschbaugh

La obra *Zoosemiotics* (1991-1999), de Suzanne Anker, es una instalación compuesta por conjuntos de elementos gráficos de bronce en forma de cromosomas instalados en una pared, y un frasco de vidrio lleno de agua colocado sobre un soporte de metal situado en el centro del espacio expositivo (figura 135). Cada una de las agrupaciones de cromosomas representa a una de las 4 especies de animales seleccionadas por la artista: el murciélago, el pez, el cocodrilo y los primates. Las piezas conforman una iconografía específica, visualmente parecida a un alfabeto antiguo. El frasco con agua actúa como elemento amplificador de la imagen cuando el espectador mira la instalación de la pared a través de él (figura 136). En la creación de su obra, Anker ha utilizado imágenes microscópicas amplificadas de cromosomas – los elementos que contienen la cadena de ADN y las proteínas que son responsables de la mayor parte de la información genética que determina las características de cada especie.

[230] Anker, S. y Nelkin, D. (2002). The influence of genetics on contemporary art. *Nature Reviews Genetics, Vol. 3*, pp.967-971. Nature Publishing Group, December 2002. Pág. 967. "In a molecular vision, the body is defined as a text, a 'coded script' of information. And with the commercialization of genetic research, the cells and genes that make up the body have become products: mined, banked and patented — reduced, in effect to commodities, to fungible goods."

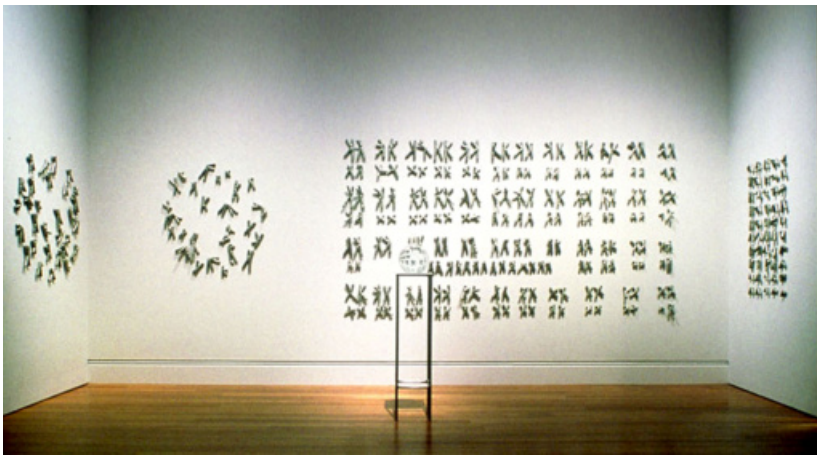


Figura 135. Suzanne Anker, *Zoosemiotics* (1991-1999). Exposición *Devices of Wonder* celebrada en 2001 en *The Getty Museum*, Los Angeles (EE.UU). Vista general de la instalación. Fuente: suzanneanker.com



Figura 136. Suzanne Anker, *Zoosemiotics* (1991-1999). Exposición *Devices of Wonder* celebrada en 2001 en *The Getty Museum*, Los Angeles (EE.UU). Detalle de la instalación. Fuente: www.researchgate.net

La obra *Designer Gene* (1992), del artista estadounidense Dennis Ashbaugh, realizada con técnica mixta sobre lienzo, muestra los patrones de ADN obtenidos mediante la técnica de la autorradiografía. Se trata de una técnica científica que se utiliza para el análisis de la longitud y el número de fragmentos del ADN. Es posible obtener este tipo de información separando los fragmentos de la cadena de ADN realizando un proceso de electroforesis en gel. El proceso se ejecuta en un recipiente que contiene gel de agarosa y una serie de pocillos donde se colocan las muestras de ADN. Al conectar el recipiente a la corriente eléctrica, los fragmentos de ADN se deslizan en el gel en función de su tamaño – de

mayores a más pequeños. El resultado final es la creación de un conjunto de columnas que alterna bandas claras y oscuras que responden al código genético exclusivo de un individuo, situado sobre la base de gel que ha generado el proceso. Ashbaugh fue pionero en trasladar la iconografía científica de los componentes genéticos a lienzos de gran escala. Su obra utiliza tonos rojos de fondo debajo de los patrones de la secuenciación genética, que se muestran más oscuros y según un orden de lectura de arriba a abajo e izquierda a derecha que ha influido a la visualización del grosor de las formas, siendo las de arriba más gruesas y las de abajo más finas (figura 137).

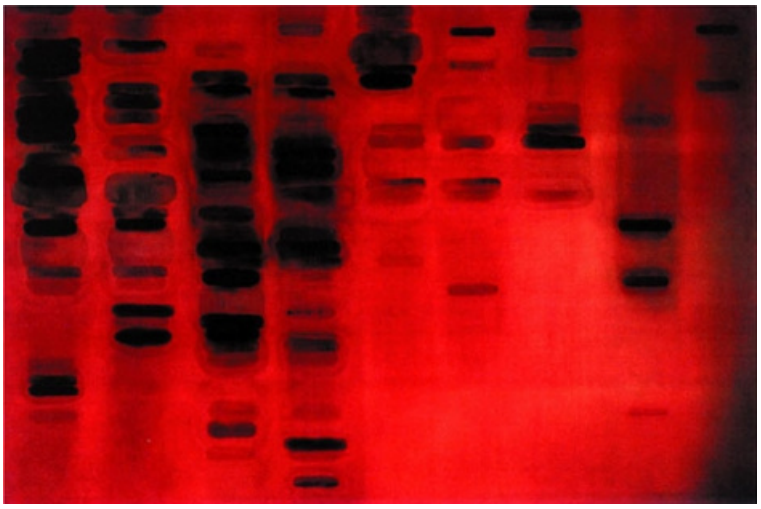


Figura 137. Dennis Ashbaugh, *Designer Gene*, técnica mixta sobre lienzo, 185,4 x 274,3 cm (1992).
Fuente: www.researchgate.net

2. Genotipos y fenotipos que configuran sistemas orgánicos diferenciados. Kevin Clarke y Marc Quinn

Los artistas de este grupo utilizan secuencias genéticas de la cadena del ADN de seres vivos usando el código ACGT, el acrónimo empleado para referirse a los cuatro tipos de bases nitrogenadas que se encuentran en la molécula del ADN: adenina (A), citosina (C), guanina (G) y timina (T).

Las obras *Selfportrait in Ixuatio* (1988) y *Portrait of Jeff Koons* (1993), del artista estadounidense Kevin Clarke, muestran, en lugar del clásico retrato de aspecto físico, externo, de un individuo, el retrato genético, que visualiza su código superepuesto a una imagen fotográfica creada y elegida por el artista. *Selfportrait in Ixuatio* (1988), el autorretrato genético de Clarke, visualiza la secuencia de ADN del artista, secuenciada en 1988 por la empresa *Applied Biosystems* de California (EE.UU), el fabricante líder de instrumentos de secuenciación del ADN. El proceso de la secuenciación ha determinado el

orden preciso de los nucleótidos- adenina, guanina, citosina y timina- dentro de la molécula de ADN de Clarke. La secuencia del ADN del artista fue impresa sobre la imagen fotográfica de dos mujeres que posan de espaldas, realizada por el artista durante su viaje a México (figura 138). Partiendo de esta metodología, Clarke empezó a hacer retratos de diferentes individuos. De esta manera creó la obra *Portrait of Jeff Koons* (1993), usando la secuencia de DNA del artista Jeff Koons. Las letras están impresas sobre la imagen de una máquina tragamonedas que representa la banalidad de la cultura del consumo tan habitual en la obra de Koons. (figura 139). Clarke señala que la motivación principal, y el origen de la idea que le llevó a crear este tipo de proyectos, la encontró en obras de la cultura china del siglo XV, en las que los artistas superponían una imagen caligráfica a una imagen metafórica. El artista decidió utilizar este método de representación usando las secuencias de la cadena de ADN. El código genético superpuesto a la imagen metafórica representa aquí una caligrafía genética cuyo objetivo es el de explorar los aspectos invisibles de la persona retratada.[231]

La obra *Sir John Sulston* (2001), del artista británico Marc Quinn, representa las secuencias del ADN del biólogo y genetista británico, Sir John Sulston, ganador del Premio Nobel de Medicina o Fisiología en 2002. El retrato fue un encargo de la *National Portrait Gallery* de Londres, en 2000. La obra está formada por un recipiente de cristal, de forma rectangular, que contiene colonias de bacterias cubiertas de gelatina agar y segmentos del ADN de Sulston (figura 140). Después de haber realizado la obra, Quinn creó otros retratos en colaboración con Sulston usando la misma técnica. El autorretrato *Cloned DNA Self Portrait*, fue creado en 2001 usando las secuencias de ADN del artista, en este caso la propia de autor (figura 141).



Figura 138. Kevin Clark, *Selfportrait in Ixuatio* (1988). Fuente: www.kevinclarke.com



Figura 139.Kevin Clark, *Portrait of Jeff Koons* (1993). Fuente: www.galerie-von-stechow.com

[231] Clarke, K. (sin fecha). *Works DNA*. Kevin Clarke. Recuperado de: http://www.kevinclarke.com/portraits/works/. (Consultado el 25.09.2017). "... hereditary calligraphy, combined with a metaphoric image that I create with photography. The metaphor explores unseen aspects of the person portrayed."



Figura 140. Mark Quinn, *DNA Portrait of Sir John Sulston*, acero inoxidable, gel policarbonato de agar, colonias de bacterias, ADN humano, 12,7 x 8,5 cm (2001). Fuente: marcquinn.com



Figura 141. Mark Quinn, *Cloned DNA Self Portrait,* acero inoxidable, gel policarbonato de agar, colonias de bacterias, ADN humano, 26,2 x 20,5 cm (2001). Fuente: www.pinterest.co.uk

Para realizar el retrato de la familia del artista, *Family Portrait* (2001), Quinn creó cuatro retratos genéticos incrustados en un solo marco de acero: el del artista, el de su mujer, el de su hijastra y el de su hijo biológico (figura 142). La obra aborda las relaciones entre individuos, encontrándose el artista conectado genéticamente tan solo con su hijo biológico, aunque guarda vínculo político con el resto de las personas presentadas.



Figura 142. Mark Quinn, *Family Portrait*, acero inoxidable, gel policarbonato de agar, colonias de bacterias, ADN humano, 26,5 x 82 cm (2001). Fuente: marcquinn.com

La obra *DNA Garden* (2001), inspirada en la idea del Jardín del Edén, contiene el ADN de 75 especies de plantas y el de un hombre y una mujer (figura 143). Los retratos genéticos de Quinn son muy parecidos entre sí. A simple vista, es difícil saber quién está representado en cada uno de los retratos. Sin embargo, cada uno de ellos es único debido a la información genética que contiene. Las secuencias de ADN, visibles en forma de puntos distribuidos por la superficie de la obra, representan los elementos genéticos individuales que distinguen

entre sí a las personas o a las especies presentadas. De esta manera, Quinn consigue a la vez una representación realista y abstracta de sus sujetos: cada retrato es exacto y único en cuanto a la veracidad del material genético de los individuos que representa, aunque su apariencia visual es parecida.[232]

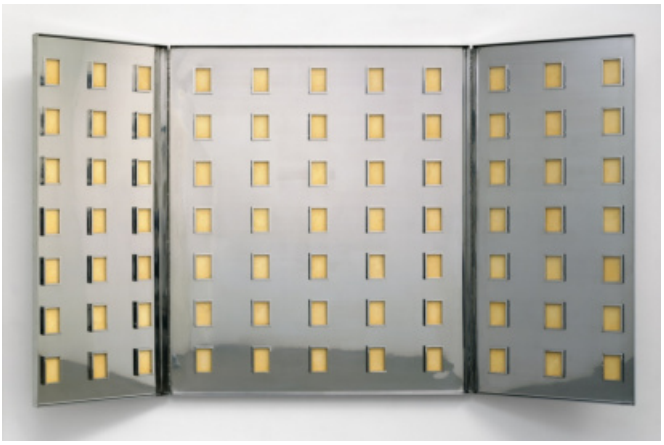


Figura 143. Mark Quinn, *DNA Garden*, marco de acero inoxidable, gel policarbonato de agar, colonias de bacterias, ADN de 75 plantas y ADN de 2 humanos, 87,5 x 320 cm (2001). Fuente: marcquinn.com

3. Bioingeniería aplicada a organismos genéticamente modificados. George Gessert y Eduardo Kac

El tercer grupo reúne obras desarrolladas en el campo propio de la genética, utilizando las técnicas y metodología que usan los científicos para realizar modificaciones de las secuencias de ADN. En este caso, es necesario que los artistas trabajen de forma colaborativa con los científicos, y/o aprendan los conceptos y procedimientos que se usan en los laboratorios de investigación genética para realizar este tipo de proyectos.

El proyecto *Iris Project* (1988), del artista estadounidense George Gessert, muestra los experimentos de alteración genética llevados a cabo por el artista con flores de iris. Gessert crea sus propuestas artísticas hibridizando variedades silvestres de flores de iris seleccionadas por sus características estéticas. Gessert cultiva y reproduce las flores seleccionadas según un criterio personal y específico, descartando en este proceso los resultados que considera indeseables. Los once especímenes creados por Gessert están recogidos en su libro *Natural Selection* (1994), que reúne las fotografías de las flores cultivadas, así como comentarios sobre el proceso y el resultado de su hibridación. El texto alterna letra mecánica y letra caligráfica escrita a mano por el artista (figura 144).

[232] Quinn, M. (2001). *Artworks. DNA portrait of Sir John Sulston*. Marc Quinn. Recuperado de: http://marcquinn.com/artworks/single/dna-portrait-of-sir-john-sulston1. (Consultado el 19.02.2018). "What I like about it is its abstract nature, yet in another dimension its utter realism."

Gessert basó su trabajo en las reflexiones de Charles Darwin sobre la cría de animales y el cruce de plantas con el objeto de hacer estas especies más productivas y resistentes. Darwin describe el desarrollo de estos procesos en el primer capítulo de su obra *El origen de las especies* (1859), titulado *La variación en estado doméstico*.



Figura 144. George Gessert. De izquierda a derecha: *Hybrid 488*, fotografía (1990-1994) y *Natural Selection*, libro de artista (1994). Fuente: geneticsandculture.com

El proyecto *Iris Proyect* se expuso en 1988 en la organización artística *New Langton Arts* en San Francisco (EE.UU). Por primera vez las flores genéticamente alteradas se exponían en una galería y se percibían como una obra de arte.

El proyecto *Natural History of Enigma* (2003-2008), del artista brasileño Eduardo Kac, profesor de Arte y Tecnología en la *School of the Art Institute of Chicago* (EE.UU), incluye una serie de obras dedicadas a las modificaciones genéticas de las flores. Kac mezcló su propia ADN con el ADN de la flor petunia, creando una versión modificada, denominada *Edunia*. El resultado es una flor con la forma de la petunia, de color rosa claro y con venas rojas extendidas sobre la superficie de los pétalos (figura 145). Inspirado en la creación de Edunia, Kac realizó una obra escultórica, *Singularis* (2008), cuya forma se asemeja a la estructura compuesta de una proteína humana y una proteína vegetal. La escultura está construida en fibra de vidrio y metal y tiene un tamaño de 4,3 x 6,1 x 2,5m. Es de color rojo, que corresponde a los pigmentos rojos naturales presentes en la Edunia, sugiriendo la presencia de un gen humano en ella (figura 146).

El proyecto fue desarrollado durante cinco años en colaboración con varios científicos, entre ellos Neil Olszewski, profesor de Biología Vegetal en la *University of Minnesota* (EE.UU), quien coordinó la fabricación de la planta transgénica y aisló el gen de Kac usado en la creación de la flor. La secuencia genética fue aislada de la sangre del artista e introducida en una bacteria dotada de un gen resistente a los antibióticos. La hoja de la planta petunia se corta transversalmente por la mitad y se expone a la bacteria que porta el gen del artista y el gen resistente a los antibióticos en una placa de Petri, lo que permite la transferencia de

información genética de la bacteria que incluye el código del artista a las células de la hoja. Se expone la hoja al antibiótico con el objeto de eliminar todas las células que carecen del gen de Kac. Con el tiempo, las células de artista se desarrollan en la planta (figura 147).



Figura 145. Eduardo Kac, *Edunia*, *Natural History of Enigma* (2003-2008)
Fuente: www.ekac.org



Figura 146. Eduardo Kac, *Singularis*, *Natural History of Enigma* (2008)
Fuente: www.pa25.org

El artista parte de la idea de la contigüidad de la vida entre especies diferentes, describiendo su obra como una mezcla de una planta (petunia) y un animal (ser humano). Kac denomina a su creación con el término *plantimal*, describiendo así una nueva forma de vida.[233]

El proyecto *GFP Bunny* (2000), realizado por Eduardo Kac, representa la creación de un conejo a partir de procesos de ingeniería genética. Kac transfirió una proteína verde fluorescente (*green fluorescent protein* – GFP) producida por la medusa *Aequorea victoria,* a un conejo albino, de color blanco, al que llamó Alba. Visto en condiciones ambientales normales, el conejo es de color blanco. Iluminado con una luz azul, el animal brilla con florescencia verde (figura 148).

El proyecto se realizó en Francia, en colaboración con el genetista francés Louis-Marie Houdebine, el artista y científico argelino Louis Bec, y el científico francés Patrick Prunet. Los científicos usaron EGFP, una mutación sintética del gen original fluorescente verde, GFP, sustraído de la medusa *Aequorea Victoria*. El EGFP proporciona una mayor fluorescencia en células de mamíferos que el gen de medusa original.

[233] Kac, E. (sin fecha). NATURAL HISTORY OF THE ENIGMA. Eduardo Kac. Recuperado de: http://www.ekac.org/nat.hist.enig.html. (Consultado el 15.02.2017). “The central work in the "Natural History of the Enigma" series is a plantimal, a new life form I created and that I call "Edunia", a genetically engineered flower that is a hybrid of myself and Petunia. The Edunia expresses my DNA exclusively in its red veins.”

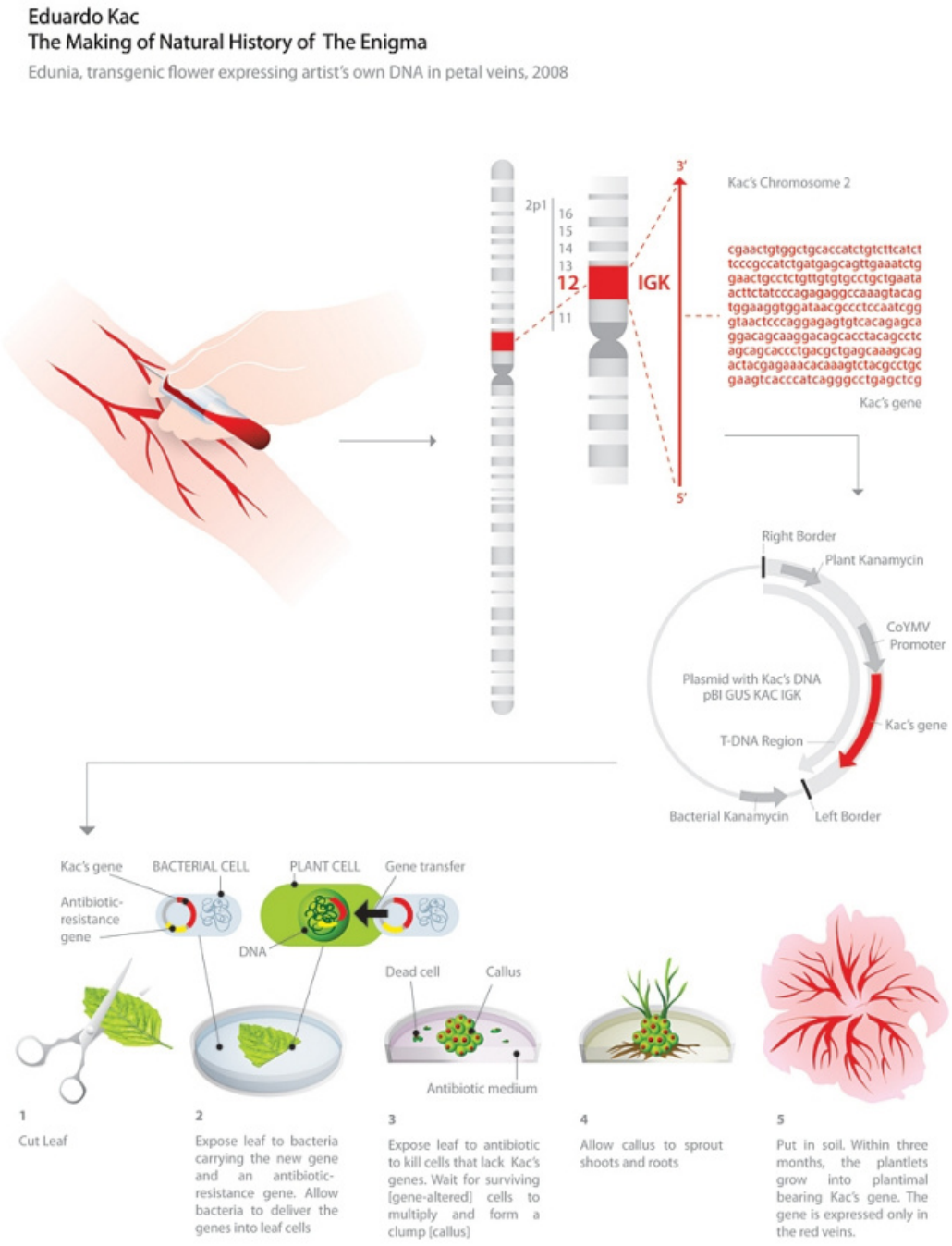


Figura 147. Eduardo Kac, *Edunia*, *Natural History of Enigma* (2003-2008). Proceso de la modificación genética de la flor con el gen del artista. Fuente: www.ekac.org

El conejo genéticamente modificado, Alba, se presentó públicamente por primera vez en Avignon (Francia). El artista describe su obra como una obra de arte transgénico. Se trata de una nueva forma de expresión artística basada en el uso de la ingeniería genética para transferir genes naturales o sintéticos a un organismo vivo con el fin de crear seres vivos únicos. Kac propone tres fases en el desarrollo de su proyecto. La primera incluye el nacimiento de Alba. La segunda fase es su presentación al público, su reacción, y el debate causado. La tercera fase supone la inclusión social del conejo en la vida cotidiana de la familia del artista en Chicago (EE.UU).



Figura 148. Eduardo Kac, *GFP Bunny* (2000). Fuente: www.ekac.org

5.6. Microscopía. Herramientas, técnicas y lenguajes particulares científico-artísticos para la observación del mundo a escalas minúsculas y microscópicas

La observación es un método para estudiar la realidad que está presente. El acto de observar nos permite conocer y comprender que nos rodea. El desarrollo tecnológico y la creación de nuevas herramientas ópticas nos permitió ir más allá de lo observable directamente con el ojo, ofreciéndonos nuevas experiencias estéticas. La invención del microscopio dio visibilidad a un conjunto de estructuras y detalles de objetos/seres vivos, antes invisibles. Este modo de visibilizar la realidad ha impactado a muchos artistas de distintas épocas. La atracción por lo minúsculo procede de la curiosidad del ser humano por conocer más profundamente cómo se construyen y cómo se comportan los objetos y organismos vivos.

Los términos "minúsculo" y "microscópico" son parecidos, pero no iguales en su significado. Lo minúsculo se define como algo "de muy pequeñas dimensiones, o de muy poca entidad."[234] Lo microscópico, por otro lado, tiene una relación estrecha con el microscopio. Significa algo "perteneciente o relativo al microscopio"[235] o algo "tan pequeño que solo se puede ver con el microscopio."[236] Se puede decir que lo minúsculo es un término más amplio que lo microscópico. Aborda diferentes nociones relacionadas con el tamaño de un objeto, mientras que lo microscópico se refiere solo a los objetos visibles a través del microscopio. Ambos términos sugieren una estética atractiva que provoca curiosidad en el ser humano. El artista inglés Willard Wigan, productor de micro-esculturas visibles solamente bajo microscopio, presentó su obra durante la conferencia *TEDTalks*, en 2009, en Oxford (Reino Unido). En su presentación *Hold your breath for micro-sculpture*, Wigan describió la importancia que lo minúsculo tenía para él, explicando que lo más pequeño tiene tanto valor como las cosas más grandes.[237] Produciendo su obra en formato casi invisible, el artista se enfrenta al reto de hacerlas cada vez más pequeñas. Durante el proceso creativo, crea su propio mundo, su propio microcosmos, que aunque no es visible a primera vista, tiene un valor significativo. Wigan destaca la necesidad de aplicar una observación más profunda que pueda servir para descubrir este otro mundo pequeño.[238]

[234] Minúsculo (sin fecha). En: *Diccionario de la lengua española. Real Academia Española*. Recuperado de: http://dle.rae.es/srv/search?m=30&w=min%C3%BAsculo. (Consultado el 25.10.2018).

[235] Microscópico (sin fecha). En: *Diccionario de la lengua española. Real Academia Española*. Recuperado de: http://dle.rae.es/srv/search?m=30&w=microsc%C3%B3pico. (Consultado el 25.10.2018).

[236] Ibidem.

[237] TED (el 4 de agosto, 2009). *Willard Wigan. Hold your breath for micro-sculpture*. Recuperado de: https://www.youtube.com/watch?v=rBKV4rOgSJU. (Consultado el 15.01.2018). "What I wanted to do is to show the world that the little things can be the biggest things."

[238] Ibidem. "We all seem to think that ... if we look down on the ground, there is nothing there. And we use the word

Federico L. Silvestre, profesor de Estética de la Universidad de Santiago de Compostela (España), propone que la necesidad de interactuar con lo minúsculo es algo humano que proviene de la infancia, época asociada con las sensaciones de lo conocido, la comodidad y la protección.[239] En el libro *Micrologías – o historia breve de artes mínimas* (2012), el autor observa la presencia de esta necesidad en la creación de jardines chinos aplicados en pequeñas vasijas, templos relicarios de santos franceses, maquetas de edificios, casas de muñecas, bolas de cristal con nieve o belenes navideños realizados en diferentes épocas y lugares.

En lo minúsculo, visto desde el punto de vista de la ciencia, se puede observar el lado estético que tiene la imagen científica microscópica. El catedrático de Histología del Departamento de Ciencias Morfológicas de la Facultad de Medicina y Enfermería de la Universidad de Córdoba (España), José Peña Amaro, escribe sobre el carácter visual y estético de la histología, parte de la anatomía que estudia los tejidos orgánicos. En el artículo *Una aproximación a la belleza de la Histología* (2015), Peña Amaro describe la mirada microscópica como una mirada admirativa que muestra la belleza de la imagen histológica compuesta por una diversidad de composiciones, texturas y formas.[240] El autor destaca tres elementos fundamentales para que una imagen microscópica se considere bella: la morfología de las células y tejidos (formas esféricas, cilíndricas, ovoides, piriformes, ahusadas, poliédricas, etc.); el ordenamiento de las células (la armonía organizativa de las células en la creación de patrones con un alto grado de organización); y el color presente en las estructuras vistas bajo el microscopio. Estos tres elementos constituyen el carácter estético de la imagen microscópica.

La bióloga y profesora de la *St. John's University* en Nueva York (EE.UU), Maura C. Flannery, analiza la estética presente en diferentes aspectos de lo biológico en el artículo *The Conservation Aesthetic and the Microscopic Aesthetic*[241] (1999). La autora entiende la estética como un hilo conductor que conecta la percepción del mundo natural a nivel *macro*, visto por los ecólogos, y a nivel *micro*, visto por los biólogos celulares y los microbiólogos. Basa esta idea en el libro *A Sand County Almanac and Sketches Here and There* (1949), del ecólogo estadounidense Aldo Leopold, que propone que para conservar la

¨nothing¨. Nothing doesn´t exist, because there is always something."

239 Silvestre, F. L. (2012). *Micrologías o Historia Breve de Artes Mínimas*. Madrid: Abada Editores, S.L. Pág. 9. "Se ocupa de una obsesión antigua, muy humana, lúdica, así como interesada: empequeñecer el mundo para jugar con él, pero también embarcarlo."

240 Amaro, J.P. (2015). Una aproximación a la belleza de la Histología. *Dendra médica, revista de humanidades*, *14*(2), pp. 176-187. Recuperado de http://www.dendramedica.es/revista//v14n2/3_Aproximacion_a_la_belleza_de_la_Histologia.pdf. (Consultado el 20.05.2019). Pág. 177

241 Flannery, M.C. (1999). The Conservation Aesthetic and the Microscopic Aesthetic. *BioScience, Vol. 49*, Nº 10, October 1999, American Institute of Biological Sciences, pp. 801-808. Recuperado de: http://www.jstor.org/stable/1313571?origin=JSTOR-pdf. (Consultado el 21.05.2019)

naturaleza es necesario fomentar la experiencia estética del observador con el medio. Propone cinco categorías que responden a distintos modos de establecer un diálogo con entre las personas y el mundo natural: recompensa, aislamiento, cambio de escena, percepción y gestión ambiental. Flannery aplica estas categorías de apreciación estética del mundo natural al mundo microscópico, proponiendo la similitud de la experiencia estética con situaciones que se producen con la observación de naturaleza con el microscopio.

1. Recompensa. La recompensa del proceso perceptivo radica en el propio proceso de búsqueda y de descubrimiento de diferentes elementos y fenómenos naturales.
2. Aislamiento personal. La dedicación al proceso de observación da como resultado tener un sentimiento de unión con el mundo natural. Emplear tiempo en la observación permite que surja una apreciación estética donde se produce una extensión emocional del propio observador sobre el objeto observado.
3. Cambio de escena. Modificar el aspecto rutinario de la observación abre un nuevo conjunto de significados relacionados con el objeto observado: cambio de escala, de color, de textura...
4. Cambio de la percepción. Observar el mundo natural nos permite acceder a nuevos aspectos de conocimiento sobre el objeto observado. La mirada se convierte a la herramienta principal del proceso. Comprendemos lo observado de nuestra experiencia, estética y/o conceptual.
5. Protección y cuidado. El conocimiento del entorno y los elementos que forman parte de él genera una actitud del respeto y cuidado y promueve un compromiso de protección del entorno.

El análisis de lo minúsculo y lo microscópico engloba dos grupos de obras que interpretan distintos objetos vistos a pequeña escala. El primer grupo incluye las visualizaciones microscópicas realizadas con fines científicos en formatos como el grabado, el dibujo o la pintura. Esta parte del análisis incluye también una breve historia sobre la aparición de los primeros microscopios. El segundo grupo reúne las obras de arte contemporáneo producidas en relación con el microscopio como herramienta, o en relación con la estética de la imagen microscópica.

5.6.1. Colecciones de preparaciones microscópicas. Equipos e instrumentos de laboratorio, micrografías e ilustraciones

La creación del microscopio surgió en el siglo XVII gracias al científico holandés Anton van Leeuwenhoek. El elemento más importante del microscopio es la óptica. Con su mejora tecnológica ha sido posible visibilizar nuevas estructuras, formas y patrones a escalas cada vez más pequeñas.

El libro *Micrographia: or Some Physiological Descriptions of Minute Bodies Made by Magnifying Glasses. With Observations and Inquiries Thereupon*, escrito por el científico inglés Robert Hooke, se considera el primer libro en mostrar imágenes microscópicas publicadas. Fue publicado en el año 1665 por la *Royal Society* de Inglaterra. Las imágenes fueron realizadas en colaboración con el científico y arquitecto Christopher Wren. El libro incluye imágenes de observaciones de varios objetos, insectos y plantas realizadas por Hooke a través de diferentes lentes. Las observaciones microscópicas le facilitaron apreciar los patrones constructivos de las muestras. Observando el corcho bajo el microscopio, el tejido protector de los árboles, Hooke localizó su estructura similar al panal de abejas. La estructura de este tejido vegetal muerto está definido por su forma rígida, hexagonal y vacía, llena de poros que el autor denominó *células* (figura 149). Sin embargo, Hooke no estableció el concepto actual de célula, sino simplemente acuñó el uso de este término en la Modernidad. El término *célula* de hoy (en inglés, *cell*) proviene de la similitud de la estructura del corcho con las celdas de panal (en inglés *honeycomb cells*).

El libro fue un gran éxito en su tiempo ya que ofrecía una visión del mundo hasta entonces imposible de conocer. Una de las imágenes destacadas del libro de Hooke es la ilustración de una pulga magnificada. La pulga está ilustrada sobre una página de 43 x 33 cm, plegada dentro del libro, y muestra todos los detalles de la morfología de la pulga en formato grande. La pulga se presenta de perfil (figura 150). Las partes de su cuerpo tienen asignadas letras del alfabeto, desde la A hasta la K. Se aprecian todos los detalles de la estructura de su cuerpo, compuesto por elementos que se solapan y por unas patas dotadas de articulaciones y vello.

La imagen microscópica ha formado parte de la obra del neurocientífico Santiago Ramón y Cajal. Observando las redes neuronales a través de un microscopio óptico, Cajal dibujó las estructuras neuronales sobre papel, ya que la micrografía aún no se encontraba desarrollada. En el texto *Cajal y sus dibujos: ciencia y arte* (2005), el neurocientífico Javier de Felipe describe los dibujos de Cajal como interpretaciones artísticas de las preparaciones histológicas, y no solo como una simple copia de éstas. Les atribuye una "… extraordinaria importancia por su belleza e indudable valor museístico, … porque son copias fidedignas de preparaciones histológicas que muestran la microorganización del sistema nervioso, como un mapa que contiene las conexiones de las neuronas y las rutas que siguen los impulsos nerviosos a través de las mismas."[242] El ejemplo de la lámina de la estructura de los centros nerviosos de las aves contiene variedad de formas dibujadas con tinta negra sobre papel. El grosor de las líneas varia desde más finas, hasta más gruesas, haciendo menos o más contraste con el fondo (figura 151).

[242] De Felipe, Javier (2005). Cajal y sus dibujos: ciencia y arte. En: Martín Araguz, A. (Ed.) *Arte y Neurología*. pp. 213-230. Madrid: Editorial Saned. Pág. 214.

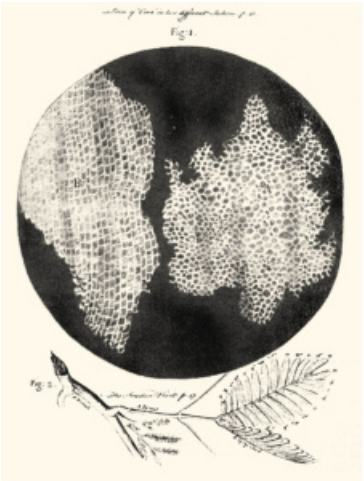


Figura 149. Robert Hooke, *On the schematisme or texture of cork*. En *Micrografia* (1665). Fuente: commons.wikimedia.org

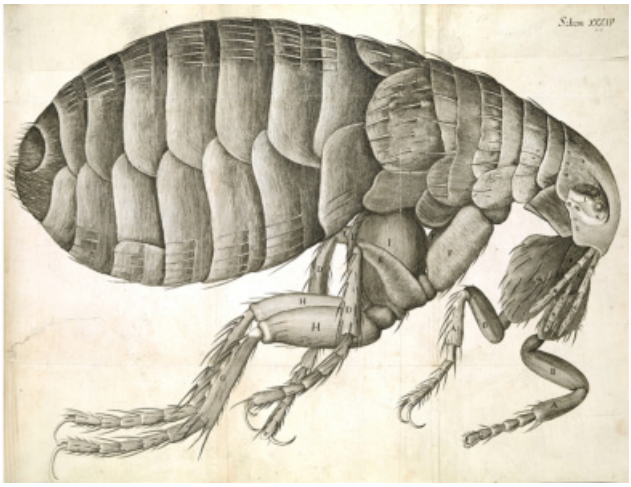


Figura 150. Robert Hooke, *Illustration of the Flee*. En *Micrografia* (1665). Fuente: www.bl.uk

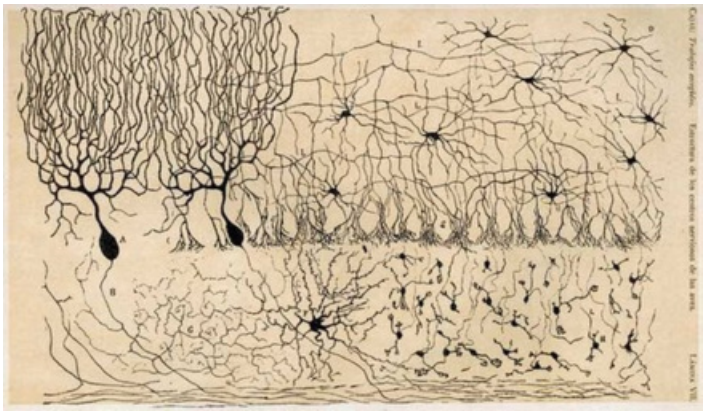


Figura 151. Santiago Ramón y Cajal, Estructura de los centros nerviosos de las aves (1905). Fuente: www.pinterest.es

En el artículo *Images of the Cell in Twenieth-Century Art and Science* (1998), Maura C. Flannery escribe sobre las visualizaciones de las células de otros científicos-artistas e indica que son unidades básicas vivas que construyen todos los organismos biológicos. La autora trabaja con las imágenes de las células tanto en ilustraciones científicas como en la práctica artística. En el artículo describe las células presentadas por el biólogo celular estadounidense Edmund B. Wilson, por el artista e ilustrador japonés Bunji Tagawa y por el biólogo molecular y artista estadounidense David Goodsell.

La ilustración de la célula de Edmund B. Wilson fue publicada en el libro *La Célula en el Desarrollo y Herencia* (1900). Parte de una imagen de la célula vegetal obtenida por un microscopio óptico, usado también por Hooke, que emplea luz y lentes ópticas. La célula tiene forma de elipse, marcada con unas líneas negras que representan la membrana. El

interior de la célula, el citoplasma, está dibujado con finas líneas de diversas formas, simulando una textura de color gris. Dentro del citoplasma se encuentran los elementos celulares (el núcleo, el aparato de Golgi, plástidos, etc.). La imagen muestra solamente la información necesaria, sin estar sobrecargada. Se caracteriza por el contraste que tienen las líneas negras sobre la superficie blanca (figura 152).

La ilustración realizada por Bunji Tagawa representa una célula animal eucariota. La imagen fue publicada en el artículo del bioquímico belga, Jean Brachet, *The Living Cell*[243] en la revista *Scientific American* en 1961. Fue creada a partir de la observación de la muestra a través de un microscopio electrónico que en lugar de luz utilizaba electrones para formar las imágenes de las muestras. En comparación con el microscopio óptico, el electrónico tiene la posibilidad de amplificar más las imágenes produciendo así imágenes con más detalles. La célula de Tagawa contiene más detalles que la de Wilson. Sus líneas son más finas y sutiles y tienen menos contraste con el fondo. La forma de la célula es oval, con un borde irregular, que le da un aspecto más orgánico. Los elementos celulares tienen una distribución equilibrada (figura 153).

La ilustración de David Goodsell presenta la sección transversal de una célula bacteriana de Escherichia Coli. La imagen en blanco y negro ofrece un nivel alto de contraste. Todos los elementos celulares son de color blanco y están delimitados con bordes, de modo que resultan más visibles sobre el fondo negro. Goodsell consigue la tridimensionalidad de la representación sombreando los elementos que están en segundo plano (figura 154).

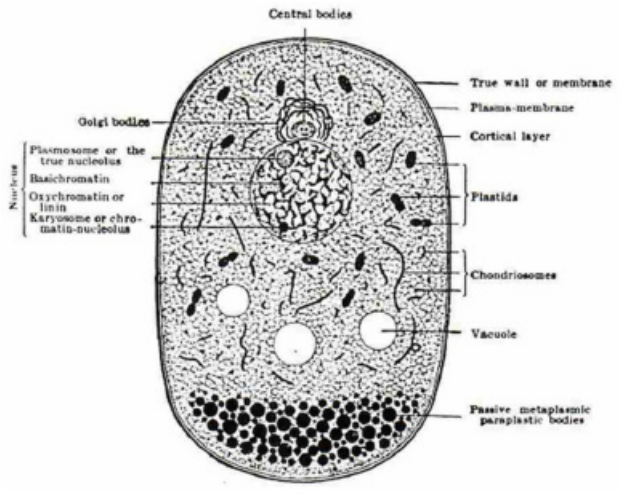


Figura 152. Edward B. Wilson, diagrama de una célula, En *La Célula en el Desarrollo y Herencia* (1900). Fuente: Flannery, M. C. , *Images of the Cell in Twenieth-Century Art and Science* (1998)

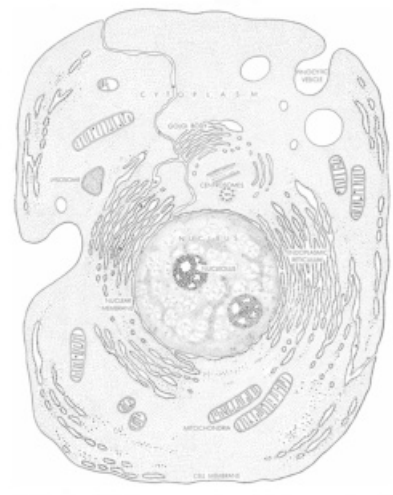


Figura 153. Bunji Tagawa, *Dyagram of the Typical Cell* (1961). Fuente: Flannery, M. C. , *Images of the Cell in Twenieth-Century Art and Science* (1998)

[243] Brachet, J. (1961). The Living Cell. *Scientifis American, Vol. 205*, No. 3, September 1961, pp. 51-61. Pág. 55

Otras obras de Goodsell, basadas en las observaciones microscópicas de las estructuras celulares, están realizadas en acuarela sobre papel. Una de las obras de este tipo es *The Interior of a Eukaryotic Cell*. Se trata de una sección transversal de una célula eucariota (aquellas que contienen un núcleo diferenciado que contiene el material genético), donde todos los elementos se muestran claramente separados entre sí. Goodsell pintó diferentes secciones de la célula con colores diferenciados: azul, rosa, amarillo y verde. Para conseguir la tridimensionalidad, aplicó diferentes intensidades a éstos, aportando tonos más claros a los elementos en primer plano, y tonos más oscuros a los situados al fondo (figura 155).



Figura 154. David Goodsell, sección transversal simulada de la bacteria Escherichia Coli (1992). Fuente: Flannery, M. C., *Images of the Cell in Twenieth- Century Art and Science* (1998)

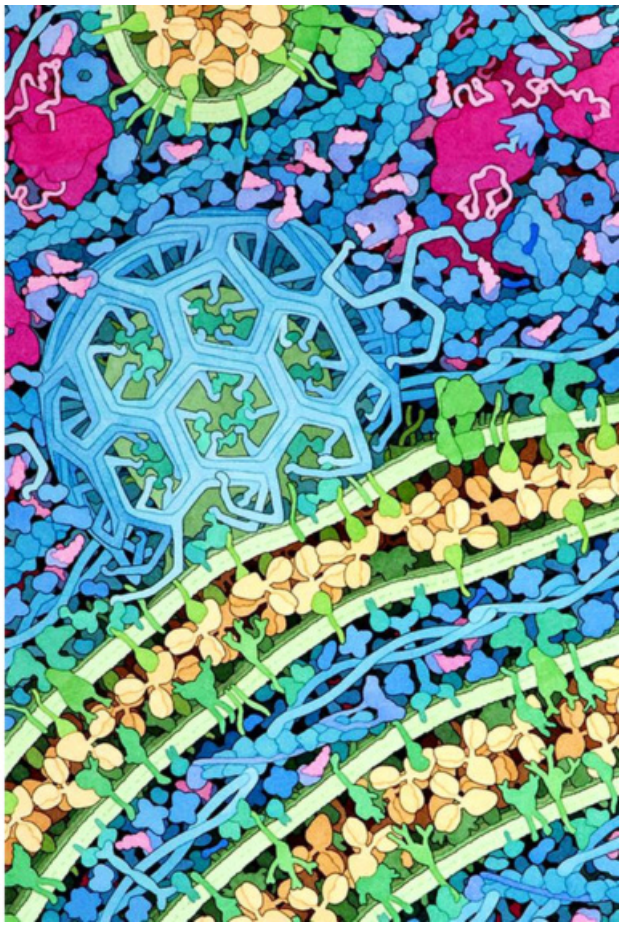


Figura 155. David Goodsell, Interior de una célula eucariota, acuarela sobre papel (sin fecha). Fuente: www.pinterest.es

En un vídeo sobre el festival australiano *Vivid Sydney*, dedicado a la intersección entre arte, tecnología y comercio, celebrado en 2014, Goodsell explica la importancia de aplicar colores planos a cada uno de los elementos. Sirviéndose de éstos, y junto con el uso de trazos finos, consigue crear imágenes de estructuras complejas, haciéndolas inteligibles mediante el

empleo del color, presentando así de forma clara los diferentes elementos que componen la estructura que nos presenta.[244]

Goodsell explica que hay una dificultad asociada al trabajar a una escala tan pequeña con las imágenes que facilita el microscopio y es que no siempre se pueden apreciar todos los detalles de la imagen. Con frecuencia, ciertas partes de la imagen permanecen inaccesibles. Para resolver este problema, el artista trata de agrupar un volumen importante de información de la imagen observable y, a partir de ella, generar esa parte de la imagen que no puede detectarse directamente.[245] Gracias a su formación en el campo de la biología estructural, Goodsell puede combinar sus conocimientos científicos con la habilidad artística. Adivina la forma, el tamaño y la composición de las partes invisibles de las estructuras observadas. En este proceso, la imaginación y el uso del color juegan un importante papel. Recopilando la información visible, el artista imagina posibles interpretaciones de las formas invisibles.

5.6.2. Estudio de casos. Técnicas e iconografía de lo microscópico aplicadas a la producción visual

Siendo novedosa y atractiva, la imagen microscópica causó un fuerte impacto en el campo de la producción artística. El desarrollo técnico y el acceso a los propios dispositivos posibilitaron la creación de imágenes nuevas, que mostraban colores y patrones que sirvieron de inspiración a los artistas. Karen Orchard, comisaria del Museo Sprengel de Hannover (Alemania), analiza la influencia de la imagen microscópica en los artistas y la apertura de una nueva concepción de las estructuras minúsculas gracias a la mejora de las posibilidades técnicas del microscopio. En el catálogo de la exposición *La invención de la naturaleza: Max Ernst, Paul Klee, Wols y el universo surrealista*[246], celebrada en el Museo *Sprengel* de Hannover en 1994, la autora describe el trabajo del artista suizo Paul Klee, cuyo interés por la imagen microscópica quedó reflejado en su forma de comprender la naturaleza. Yendo al interior de los elementos naturales, Klee busca las formas primordiales que componen el todo. En su libro *Sobre el Arte Moderno* (1966), el artista hace referencia al uso que hace de la imagen microscópica como fuente para su inspiración, y añade la posibilidad que lo microscópico le facilita para descubrir imágenes fantásticas y

[244] Destination NSW (15 de julio, 2014). *VIVID IDEAS-David Goodsell on Making Science Beautiful*. Recuperado de: https://www.youtube.com/watch?v=Aj7r_sgBtsE. (Consultado el 26.02.2018). "Since cells are mostly colorless, we can do any color we want. So, I´ve chosen a colorful palette that´s designed to highlight the different compartments of the cell."

[245] Ibidem. "I´m synthesizing a picture that is in between there, trying to bring a bunch of information together and create a picture of something that people can´t see any other way."

[246] Orchard, K. (1994). (Un)ordnung Schaffen. En: Orchard, K., Zimmermann, J., Sprengel Museum Hannover., Badischer Kunstverein., & Salzburger Landessammlungen Rupertinum. (1994). *Die Erfindung der Natur: Max Ernst, Paul Klee, Wols und das surreale Universum*. pp. 9-15. Freiburg im Breisgau: Rombach.

desconocidas en la frontera con lo imaginario.[247]

Los proyectos de arte seleccionados, realizados por artistas contemporáneos inspirados en la imagen microscópica, se pueden clasificar en tres grupos, según sea la relación del artista con el uso del microscopio como herramienta de producción artística. El primer grupo incluye a los artistas que utilizan el microscopio como una herramienta para realizar su producción artística. Este tipo de obras no trata la imagen microscópica en sí, pero requiere para su formalización el uso del microscopio. El segundo grupo recoge obras ejecutadas mediante la técnica de la micrografía – la fotografía a través del microscopio, del objeto observado. La estructura de los objetos observados juega un importante papel y la obra revela la imagen microscópica en una escala aumentada. El tercer grupo reúne obras inspiradas en imágenes microscópicas del cuerpo humano y del mundo botánico. Los artistas de este grupo no utilizan el microscopio en su producción, pero recrean las imágenes microscópicas usando diferentes técnicas: textiles, escultura o vídeo.

1. Construcción de microesculturas y ficotecas. Willard Wigan y Klaus Kemp

El artista inglés Willard Wigan es un mini-escultor. Crea obras minúsculas, casi invisibles. Sus esculturas representan escenas, objetos, animales y personajes diferentes, colocadas sobre superficies minúsculas: el interior del ojo de una aguja o sobre la cabeza de un alfiler. En su producción utiliza gran variedad de materiales: astillas de cristal, fibras, nailon, piedras, arena, etc. Debido al peculiar tamaño de sus obras, Wigan fabrica sus propias herramientas. Para tallar sus esculturas, afila puntas de agujas, y para pintarlas utiliza sus propias pestañas y/o pelo de mosca en lugar de pinceles.

En *La última cena*, Wigan representa la obra de Leonardo da Vinci sirviéndose de la micro-escultura. La pieza muestra a Jesús y a sus 12 discípulos tallados individualmente, sentados en una mesa con platos e incluyendo el Santo Grial, colocado todo ello en el ojo de una aguja de coser (figura 156). Los elementos representados se han elaborado a partir de diferentes materiales: la mesa es de nailon; las figuras, de kevlar, una fibra sintética de gran resistencia; el Santo Grial y los platos, de oro de 24 quilates. La realización de la obra duró siete semanas.

El proceso creativo de Wigan se desarrolla bajo la lente microscópica. Al suponer el manejo de estructuras muy frágiles, requiere un comportamiento específico del artista, que sigue como si de un ritual se tratase. Durante la conferencia *TEDGlobal*, celebrada en Oxford (Reino Unido) en 2009, Wigan explicó su proceso creativo en la presentación *Hold your breath for micro-sculpture*. Indicaba que se requiería mucha paciencia y control corporal

[247] Klee, P. and Read, H. (1966). *On Modern Art*. London, UK: Faber and Faber Ltd. Pág. 47. "Is it not true that even the small step of a glimpse through the microscope reveals to us images which we should deem fantastic and over-imaginative if we were to see them somewhere accidentally, and lacked the sence to understand them?"

por parte del artista: hay que contener la respiración, ralentizar el sistema nervioso e incluso trabajar en etapas, dependiendo de los latidos del corazón. La posibilidad de movimiento está limitada a un segundo y medio, y, como añadido, debe evitar la inhalación de los elementos escultóricos. Sin embargo, la creación de este tipo de minúsculas esculturas le devuelve un alto grado de satisfacción por lo que a creación artística se refiere.[248]



Figura 156. Willard Wigan, The Last Supper (sin fecha). Fuente: www.brandlifemag.com

El documental *The Diatomist* (2014), del director Matthew Killip, trata el arte del creador inglés Klaus Kemp. Él crea patrones complejos, confeccionados a partir de minúsculos organismos denominados "diatomeas" (figura 157), que son un grupo de algas unicelulares solo visibles al microscopio. Envueltas en su pared extracelular, llamada "frústula", presentan una gran variedad de estructuras. Kemp utiliza el microscopio para la distribución de las diatomeas y la conformación de patrones (figura 158).

La técnica exacta de la creación de sus esculturas permanece inédita, ya que el artista no desea revelar su secreto. La creación de patrones complejos mediante la distribución de diatomeas ha estado presente en la práctica artística desde el siglo XIX. El autor del citado documental, Killip, en una entrevista para la revista en línea *Smithsonian*, describe este período en el que el arte y la ciencia parecen aliarse, como un reflejo del intenso interés por el mundo natural, definido por un deseo de ordenar este mundo a través de la creación de patrones.[249] Al conocer los patrones de las diatomeas de Johann Diedrich Möller, fabricante

[248] TED (el 4 de agosto, 2009). *Willard Wigan. Hold your breath for micro-sculpture*. Recuperado de: https://www.youtube.com/watch?v=rBKV4rOgSJU. (Consultado el 15.01.2018). "I actually slow down my whole nervous system, and then I work between my heartbeat. I have one-and-a-half seconds to actually move. And at the same time I have to watch I don´t inhale my own work... It's very painstaking work, but the best things come in small packages."

[249] Gambino, M. (el 18 de septiembre, 2014). Secretive Victorian Artists Made These Intricate Patterns Out of Algae. *Smithsonian*. Recuperado de: https://www.smithsonianmag.com/arts-culture/secretive-victorian-artists-made-these-intricate-patterns-out-of-algae-180952720/?no-ist (Consultado el 08.10.2017). "It was a period of intense interest in the natural world and also a time when the arts and sciences were more closely aligned. Diatom arrangements are a stunning example of that particularly Victorian desire to bring order to the world, to display

de microscopios alemán del siglo XIX, Killip decidió hacer el documental sobre este tema. Conoció a Kemp y al proceso que se esconde tras su trabajo. Klaus Kemp mostró interés por el trabajo con las diatomeas a la temprana edad de dieciséis años. Despúes pasó ocho años investigándolas y aprendiendo las técnicas de trabajo necesarias. No existía, por entonces, información alguna sobre la metodología a seguir a la hora de interactuar con estos organismos. De hecho, los científicos de la época victoriana que investigaban sobre ellos, ocultaban las técnicas empleadas por cuestiones competitivas. Durante sus estudios, Kemp descubrió nuevas especies de diatomeas.

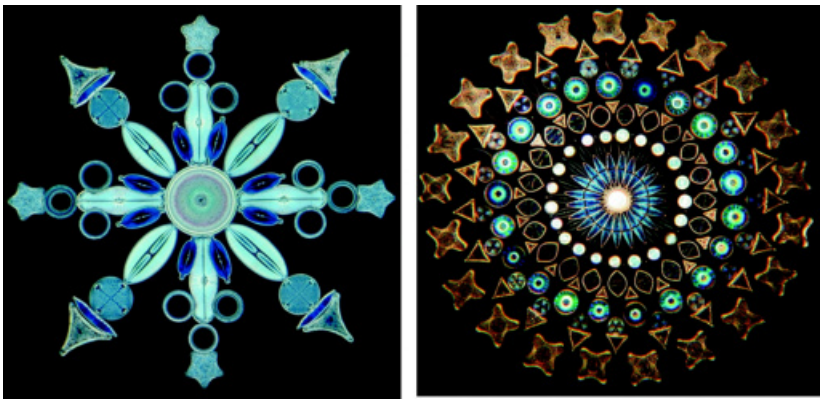


Figura 157. Klaus Kemp, *Diatoms* (sin fecha). Fuente: blogs.reading.ac.uk y www.smithsonianmag.com



Figura 158. Klaus Kemp. Proceso de trabajo. Realización de composiciones de diatomeas con el microscopio. Fuente: vsemart.com

2. Fotomicrografía para la visualización de lo invisible. Rose-Lynn Fisher, Martin Oeggerli, Rob Kesseler y Ken Rinaldo

Las series de fotografías *BEEyond* (2010) y *The Topography of Tears* (2008-2017), de la fotógrafa estadounidense Rose-Lynn Fisher, fueron hechas con micrografías con diferentes tipos de microscopios.

nature in a rational way."

BEEyond (2010) es una serie de fotografías inspirada en la morfología de las abejas vistas a través del microscopio. Fisher empleó el microscopio electrónico, lo que le dio la oportunidad de observar comparativamente las formas microscópicas presentes en las abejas a una escala diferente (figura 159). Al observar que el ojo de la abeja tenía una estructura hexagonal, la artista se preguntó si ésta coincidía con la estructura, también hexagonal, de la colmena, o si se trataba simplemente del uso de uno de los elementos constructivos más prácticos hechos por la naturaleza. La revelación de los patrones repetidos a diferentes escalas, muestra la infinita complejidad del mundo natural.[250]



Figura 159. Rose-Lynn Fisher, *Beatrice*, *BEEyond,* micrografía de la abeja aumentada 15x (2010).
Fuente: www.artnet.com

El proyecto *The Topography of Tears* (2008-2017) está formado por micrografías de lágrimas secas de la artista. Para su creación utilizó un microscopio óptico. Existen tres tipos de formas de lágrimas, dependiendo de su gestación: las basales, diarias, que aparecen cuando la córnea se encuentra lubricada; las psíquicas, causadas por emociones extremas (el dolor o la alegría); y las asociadas a reacciones reflejas que se producen como respuesta a un elemento irritante. Estas tres formas tienen la misma composición biológica, pero distinta distribución molecular. La imagen *In the end It didn´t matter #65* de la serie, muestra patrones diferentes creados por lágrimas psíquicas secas. Las formas creadas recuerdan a un paisaje observado desde una perspectiva realizada a vista de pájaro (figura 160).

Partiendo del supuesto de que lo que observamos solo es una parte de lo que existe, o la punta del iceberg, la artista comenzó su investigación buscando una relación entre las emociones y las estructuras de las lágrimas. En una entrevista para la plataforma cultural francesa *artsixMic*, Fisher describe las lágrimas como un tipo de lenguaje que, aunque

[250] Fisher, R.-L. (sin fecha). *BEEyond*. Rose-Lynn Fisher. Recuperado de: http://rose-lynnfisher.com/beepage.html. (Consultado el 11.10.2017). "In the myriad forms that constitute one little bee at higher and higher magnifications is a hint of the unending complexity of nature, the worlds within worlds comprising out reality."

indicado para la comunicación entre personas, sirve también para establecer una comunicación con nosotros mismos.[251]



Figura 160. Rose-Lynn Fisher, *In the end It didn´t matter #65*, *Topography of Tears*, micrografía de lágrimas secas (2008-2017). Fuente: www.rose-lynnfisher.com

Rose-Lynn Fisher colaboró con la empresa de moda francesa *Darquer* usando su obra *The Topography of Tears* en la creación de una serie de encajes basados en los patrones de sus fotografías. Estos encajes se asemejan a lágrimas, y bajo esta conexión subyace la idea de intimidad.[252]

El fotógrafo suizo Martin Oeggerli hace micrografías de varios organismos presentes en la naturaleza utilizando un microscopio electrónico de barrido (*Scanning Electron Microscope - SEM*). Para la visualización de la muestra, este tipo de microscopio emplea electrones que realizan un escaneado del objeto recorriendo sus distintos puntos. El resultado es una detallada imagen en blanco y negro de la superficie del objeto observado. Oeggerli colorea cada imagen a mano, haciendo del color en su obra un importante elemento que otorga vida a la muestra.

Gracias a su formación en el campo de la microbiología, Oeggerli posee el conocimiento necesario sobre el uso de la herramienta científica, así como también el saber preciso para asignar colores a las imágenes. De esta manera su trabajo reúne tecnología y trabajo

[251] artsixMic. (25 de abril, 2016). *Rose Lynn Fisher photographie la vie des larmes*. Recuperado de: https://www.youtube.com/watch?v=N85km8h4oko. (Consultado el 22.02.2018). "I have the sense that our tears are another kind of language that have a way of communicating something back to ourselves and even to each other."

[252] Rose-Lynn Fisher. (sin fecha). *Darquer.* Recuperado de: https://www.darquer.com/rose-lynn-fisher/. (Consultado el 22.02.2018). "Tears and lace are present in the most intimate moments of life: birth, marriage, eroticism. A photograph immortalizes these moments; a photograph of tears links the intimate to the universal. And lace from these tears completes the circle."

manual. La imagen *Revealing the Secret Life of Pollen* representa el polen de las plantas del género *Geranium* observado bajo un microscopio electrónico de barrido. Los pequeños granos del polen están coloreados de amarillo, mientras que las partes visibles de la planta geranium tienen un color rosa (figura 161). La obra *Cethosia* representa la micrografía de un huevo de la mariposa *Cethosia biblis,* originaria de Asia. La imagen destaca particularmente por el elaborado mosaico que muestra en uno de los hoyuelos de la superficie del huevo y que, al igual que el resto de los elementos de la superficie, está coloreado de verde y marrón (figura 162).



Figura 161. Martin Oeggerli, *Revealing the Secret Life of Pollen*, micrografía coloreada a mano (sin fecha). Fuente: funguerilla.com

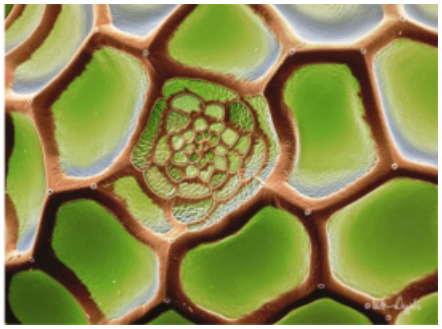


Figura 162. Martin Oeggerli, *Cethosia*, micrografía coloreada a mano (sin fecha) Fuente: tywkiwdbi.blogspot.com

La historiadora de arte Urlike Pennewitz, compara las imágenes de Oeggerli con una película de ciencia ficción. En el texto *Ars ex machina – navigating the invisible,* publicado en la página web del artista, la autora describe cómo algunas formas únicas e inusuales provocan un cambio en la percepción del espectador y le llevan a un microcosmos más allá de lo visible.[253]

El artista inglés Rob Kesseler, elabora micrografías relacionadas con la botánica. Produce micrografías de polen, semillas, frutas y hojas de plantas, a las que aplica una ampliación extrema usando el microscopio electrónico de barrido.

Tras grabar las imágenes en blanco y negro, Kesseler las traslada al ordenador y las colorea manualmente usando el programa gráfico *Photoshop*. Resalta sus formas tridimensionales, limpia y aumenta su resolución, elimina su fondo dejándolas sobre negro y las colorea. Sus obras fueron expuestas en la exposición *Canopy*, celebrada en el Real Jardín Botánico *Kew Gardens*, en Richmond (Reino Unido), durante el Año del Festival del Árbol, en 2008.

[253] Pennewitz, U. (2014). *Ars ex machina – navigating the invisible*. Martin Oeggerli. Recuperado de: http://oeggerli.com/about/. (Consultado el 14.10.2017). "Oeggerli invites his viewers to re-evaluate their perception and position: The glossy surfaces of his images set the stage for unique lifeforms, strange substances and mysterious processes within a microcosm beyond the visible."

Una de las obras expuestas durante la exposición fue *Calamus aruensis* (2008), que muestra cinco frutos de la especie de las palmeras ratán, de una medida aproximada de 9-11x9-12mm y situados sobre unos tallos de 2mm de largo. Su superficie está cubierta por escamas superpuestas en forma de diamante. Kesseler los coloreó de amarillo, mientras que el tallo aparece verde (figura 163).

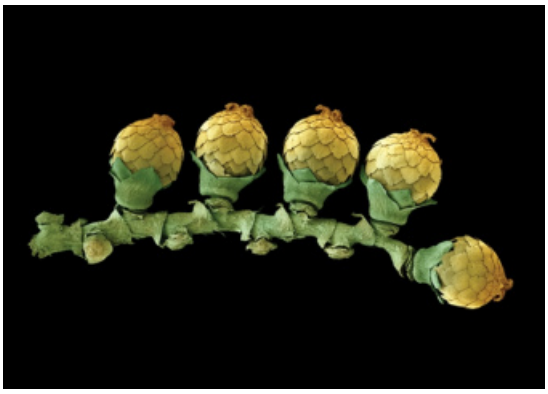


Figura 163. Rob Kesseler, *Calamus aruensis*, *Canopy*, micrografía coloreada a mano (2008).
Fuente: www.robkesseler.co.uk

Kesseler colaboró con científicos en la producción de tres libros:

- El primero libro, *Polen: The Hidden Sexuality of Flowers* (2004), dedicado al diseño y a la estructura de polen, fue realizado en colaboración con Madeline Harley, directora de la unidad de palinología del Real Jardín Botánico *Kew Gardens* (Reino Unido). Incluye imágenes captadas por diferentes tipos de microscopio (ópticos y electrónicos) que muestran el polen. Todas las imágenes están coloreadas por el artista, manualmente, mediante *Photoshop* (figura 164).

- El segundo libro, *Seeds: Time Capsule of Life* (2006), fue creado en colaboración con el botánico alemán Wolfgang Stuppy. El objetivo de esta obra era destacar la variedad de diseños y estructuras presentes en las semillas de las plantas. Las micrografías están realizadas con un microscopio electrónico de barrido y posteriormente coloreadas digitalmente a mano por Kesseler. Los colores están asignados a las semillas por el artista, según su gusto personal, de modo que no se ajustan a los presentes en la naturaleza. La portada del libro muestra una semilla de *Delphinium peregrinum*, una hierba originaria del Mediterráneo con flores de color morado. Se trata de una semilla dispersada por el viento, cubierta por finas láminas distribuidas de forma helicoidal alrededor de su eje longitudinal. El artista asignó el color morado a la semilla, lo que coincide con el color de las flores propio de este tipo de planta (figura 165).

- El tercer libro, *Fruit: Edible*, *Inedible*, *Incredible* (2008), es obra, nuevamente, de Kesseler y Stuppy. Está dedicado a las imágenes microscópicas de una cierta variedad de frutas. Las micrografías están hechas con un microscopio electrónico de barrido y muestran la estrategia de dispersión de las semillas, y como el diseño de la fruta se desarrolla para contenerlas y protegerlas. Algunas de estas frutas se presentan en su totalidad, mientras que otras muestran secciones transversales y revelan su estructura interior. Las imágenes en blanco y negro están coloreadas digitalmente a mano por el artista, dando relevancia a la estructura y al funcionamiento de las frutas y las semillas. La imagen seleccionada para la portada del libro muestra una frambuesa pintada en rojo, con las hojas y el tallo verdes. Entre sus formas globulares, se pueden apreciar semillas coloreadas en amarillo, colgadas de una especie de minúsculos tallos (figura 166).

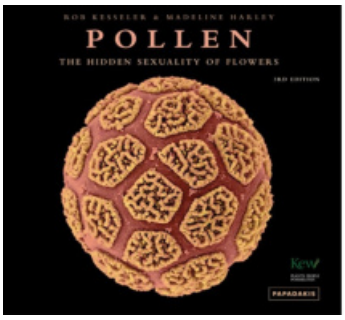


Figura 164. Rob Kesseler, *Polen: the Hidden Sexuallity of Flowers* (2004). Portada del libro.Fuente: www.robkesseler.co.uk

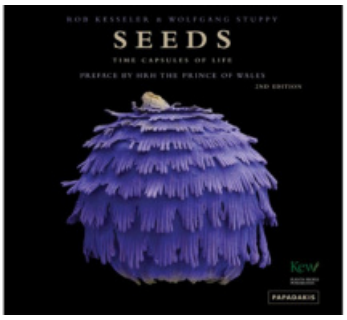


Figura 165. Rob Kesseler, *Seeds: Time Capsule of Life* (2006). Portada del libro. Fuente: www.robkesseler.co.uk

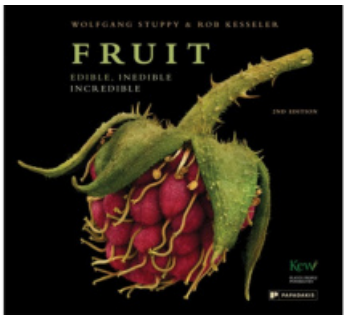


Figura 166. Rob Kesseler, *Fruit: Edible, Inedible,Incredible* (2008). Portada del libro. Fuente: www.robkesseler.co.uk

La serie *Seeds* (2013), del artista estadounidense Ken Rinaldo, se compone de un conjunto de impresiones que tienen como tema central la estrategia de dispersión de las semillas de las plantas, partiendo del estudio que el artista realiza sobre la morfología de las semillas. Las estrategias al respecto son variadas: mediante el viento, el agua, los animales y los humanos, o mediante la propia planta. Estas estrategias se reflejan en un amplio abanico de colores, tamaños y formas. A través de programas gráficos, Rinaldo crea semillas virtuales con una técnica de modelado en 3D, que resultan ser híbridos basados en la estrategia de dispersión.

En el caso de la obra *Bee Seed* (2013), nos encontramos con una semilla que se dispersa con la ayuda de las abejas. El artista crea una semilla híbrida inspirada en el aspecto de la abeja: tiene color amarillo y negro, así como partes que se asemejan a las peludas patas de este insecto (figura 167). La semilla se presenta sobre un fondo azul, de tonos claros en el centro de la imagen, y de tonos más oscuros hacia la periferia.

La obra *Worm Seed* (2013) representa una semilla híbrida dispersada por la lombriz de la tierra. En consecuencia, se inspira en la forma de la lombriz. La semilla tiene forma espiral de colores rojo y negro, cubierta de pelo blanco. En el fondo de la obra predomina el color azul, con tonos verdes ocupando las esquinas de la imagen (figura 168).



Figura 167. Ken Rinaldo, *Bee Seed*, impresión digital sobre papel (2013). Fuente: www.kenrinaldo.com

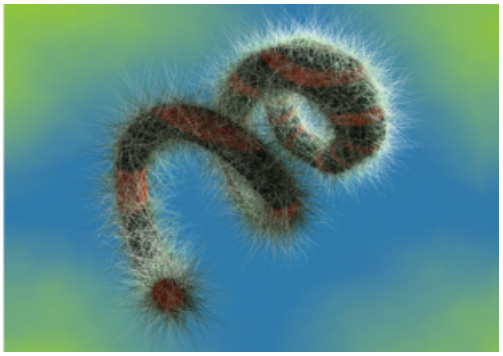


Figura 168. Ken Rinaldo, *Worm Seed*, impresión digital sobre papel (2013). Fuente: www.kenrinaldo.com

3. Procesos creativos bioinspirados en lo estructural y lo fisiológico. Karen Kamenetzky, Judy Busby, Robert Keseler y Ken y Julia Yonetani

La serie *The Seed Dreaming* (2015), de la artista textil estadounidense Karen Kamenetzky, está formada por un conjunto de obras relacionadas con patrones biomórficos, inspirados en formas naturales, orgánicas, detectados en imágenes microscópicas de las semillas de algunas plantas. Se compone de cinco obras creadas a partir de varios materiales: seda y lana teñidas por la artista, corteza de morera, cordón de algodón, hilo y relleno de alfombra. Consisten en varias capas de estos materiales unidos entre sí con una máquina de coser, haciendo que las piezas sean ligeramente tridimensionales. Se han seleccionado dos obras de la serie *Seed Dreeming*: *Biome IV* y *Seed Dreaming IV* (figura 169).

La obra *Biome IV* (2015) está hecha con seda, lana y fieltro. Capas de materiales unidos entre sí con máquina de coser y delgadas líneas irregulares de hilo, le confieren el aspecto tridimensional buscado. En la imagen predomina el color verde, con una gruesa traza curva de tonos morado y rosa entremezclados. La parte superior de la obra está más texturizada, y está compuesta por formas redondas elaboradas con tela arrugada, mientras que la parte inferior es más lisa y contiene líneas verticales de hilo.

La obra *Seed Dreaming IV* está confeccionada con los mismos materiales (seda, lana y fieltro), pero presenta un aspecto muy diferente. El fuerte color morado es dominante en la

obra, formando el fondo con arrugas distribuidas en forma de rayos que se extienden desde el centro hacia los bordes. En su parte central, domina una figura de forma redonda, con elementos de color naranja en su exterior y centro verde y amarillo.



Figura 169. Karen Kamenetzky, *The Seed Dreaming*. De izquierda a derecha: *Biome IV*, seda, lana, fieltro, 35,5 x 35,5 x 3,8 cm; *Seed Dreaming IV*, seda, lana, fieltro, 80 x 101,5 cm (2015).
Fuente: blog.karenkamenetzky.com y www.karenkamenetzky.com

Kemenetzky parte de imágenes microscópicas de semillas encontradas por internet, las analiza y realiza dibujos sobre ellas. De esta manera, genera una colección de patrones biomórficos relacionados con las imágenes elegidas. A partir de esta colección, la artista creó la serie *The Seed Dreaming*. El hecho de que las imágenes de semillas comunes realizadas con microscopio electrónico de barrido sean en blanco y negro, le permite tomarse libertad a la hora de proyectar colores diferentes y de experimentar con armonías y contrastes. La serie *The Seed Dreaming* parte del dicho de los aborígenes australianos de que *la planta es el sueño de la semilla*. Kemenetzky interpreta esta creencia a través de su obra, intentando responder a preguntas del tipo "¿Cómo es este sueño? ¿Qué pasa dentro de la semilla que manifiesta este sueño? ¿Cómo hablan las partes de la semilla?... ¿Cómo se comunican entre sí acerca de este sueño?"[254]

La artista textil estadounidense Judy Busby, participó en la exposición de trabajos colaborativos *Art under the microscope: bioartography quilts*, organizada por la asociación *Fiber Artists@Loose Ends* en 2013. La muestra incluyó obras de arte textil creadas a partir

[254] Brattleboro Community TV (8 de Junio, 2017). MGFA presents: Jackie Abrams & Karen Kamenetzky. Recuperado de: https://www.youtube.com/watch?time_continue=75&v=jXSA_ZXEL-s. (Consultado el 12.10.2017). "What does this dream look like? What´s going on inside the seed that would manifest this dream? How do parts of the seed talk?... communicate with each other about this dream?"

de micrografías que respondían a diferentes partes del cuerpo animal y humano (retina, estómago, intestinos, cerebelo, neuronas, glándulas de la piel). Las micrografías fueron hechas por los científicos e investigadores del Centro de Organogénesis de la *University of Michigan* (EE.UU), dedicado a la investigación sobre el crecimiento y el desarrollo de las capas embrionarias que conforman los diferentes órganos de un organismo vivo. El objetivo de la exposición fue mostrar la importancia de la investigación transdisciplinar ciencia-arte en el área de la atención médica. Se analizan dos obras de Busby creadas durante el desarrollo del proyecto.

Arterial Dream (2009) se realizó a partir la micrografía de la sección de un vaso sanguíneo perteneciente al aparato circulatorio de un ser humano (figura 170). El vaso sanguíneo fue teñido para observar el músculo (color rojo en la imagen), una proteína estructural en la membrana basal de soporte (color verde) y los núcleos celulares (color azul). La fotografía fue realizada por el profesor del Centro de Organogénesis, Greg Dressler. La artista interpretó la imagen usando simultáneamente una máquina de coser y bordado hecho a mano. Los colores utilizados para realizar el diseño textil fueron la pareja de complementarios azul-rojo. El fondo de la imagen está representado por una mezcla de tonos azules y verdes, reservando los colores rojo y amarillo para la sección del vaso sanguíneo. Los materiales utilizados para su construcción se aplican por capas. Predomina la presencia de tul y de satén, enriquecidos con adornos de cristales transparentes, mármol e hilos de colores y cordones de cuero (figura 171).

La obra *Fibroblasting* (2009) interpreta la imagen micrográfica de una célula presente en la piel humana, denominada "fibroblasto". Es una célula de tejido conjuntivo que elabora y segrega proteínas de colágeno para mantener la estructura de los tejidos. La imagen fue realizada por Michael Dame, investigador asociado del Departamento de Patología de la *University of Michigan*. El fibroblasto ha sido teñido para identificar las proteínas que permiten que la célula se adhiera y se propague. El color verde muestra la proteína vinculina, mientras que el color rojo muestra la proteína actina (figura 172). Observando la textura de la obra textil, se notan diferentes tipos de tela, cintas de raso, cuentas de vidrio checo, filamentos de fibra óptica, cuentas en forma de lágrima y la cáscara de las nueces de betel. La obra tiene una composición distribuida en forma diagonal, donde predominan las líneas rojas sobre fondo negro. El color verde aparece en forma de puntos hechos de tela y adornos. Alrededor de la obra, se aprecia una especie de marco hecho de tela con un patrón de colores rojo, negro y blanco (figura 173).

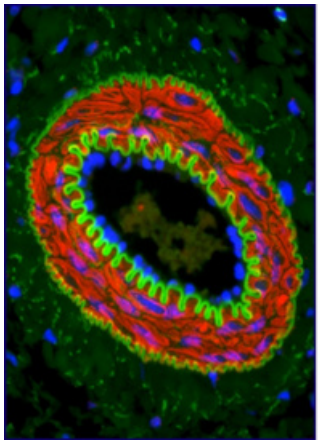


Figura 170. Gregory Dressler, micrografía de un vaso sanguíneo humano. Fuente: www.fiberartists-looseends.com

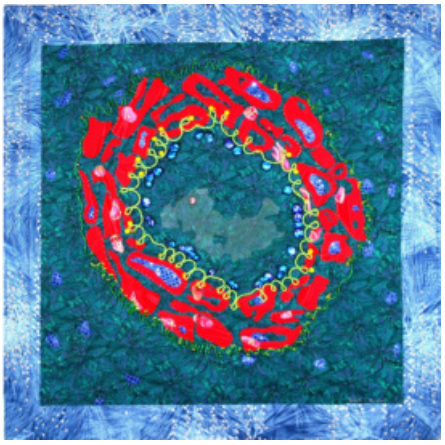


Figura 171. Judy Busby, *Arterial Dream* (2009). Fuente: www.fiberartists-looseends.com

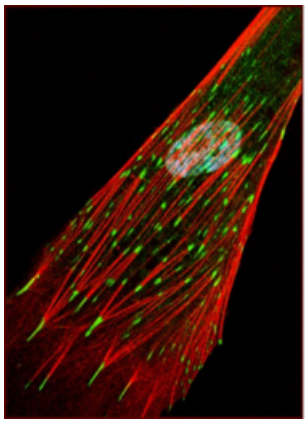


Figura 172. Michael Dame, micrografía de un fibroblasto, (célula de piel humana). Fuente: www.fiberartists-looseends.com

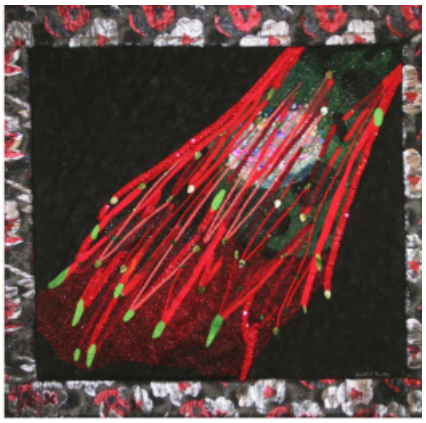


Figura 173. Judy Busby, *Fibroblasting* (2009). Fuente: www.fiberartists-looseends.com

La serie de obras *Lens on Life* (2014), del artista Robert Kesseler, consiste en 28 dibujos realizados con tinta negra y colorantes y 11 esculturas de cristal coloreado, inspirados en la forma celular. Las piezas proceden de una zona pelúcida, una membrana que protege las células germinales que participan en la reproducción de los mamíferos (figura 174). Los dibujos representan formas circulares concéntricas, parecidas a la morfología de las células. En la realización de los dibujos, Kesseler usó una mezcla de tinta india de color negro con tintes sintéticos de anilina de diferentes colores. Aplicó estas mezclas sobre papel con pincel, creando manchas negras - manchas circulares. Los tintes sintéticos limitaban la adhesión de la tinta sobre el papel. El artista lavó los dibujos bajo un chorro de agua que produjo que se eliminase el color negro dominante, conservando formas de suaves colores morado, rosa, amarillo y naranja, con trazos negros. Partiendo de la experiencia del

desarrollo de los dibujos, Kesseler realizó una serie de 11 obras escultóricas hechas con cristal coloreado, en colaboración con el fabricante de vidrio Stewart Hearn, en Londres. Las piezas de cristal son de formas redondas e irregulares, semejantes a las formas celulares.



Figura 174. Robert Kesseler, *Lens on Life* (2014). De izquierda derecha: dibujos realizados con tinta india y tintes de anilina; esculturas de vidrio. Fuente: cocultures.com

Lens on Life fue producido como parte del proyecto *MitoSys* (2010-2015), organizado por el *Research Institute of Molecular Pathology* de Viena (Austria). Una parte del proyecto incluyó *Meeting of Minds*, el proyecto coordinado por la historiadora del arte inglesa Marina Wallace. El proyecto fue dedicado a la mitosis, el proceso de la división celular que genera dos células hijas idénticas a una célula madre, duplicando y repartiendo de forma equitativa la información genética en cada una de ellas. Wallas reunió a cuatro artistas y a cuatro científicos, que formaron parte del proyecto, para que llevaran a cabo una colaboración teórico-práctica. Kesseler colaboró con la bióloga molecular alemana Melina Schuh. Las obras producidas en esta colaboración fueron expuestas durante la exposición colectiva itinerante *Lens on Life*, en Italia (Galería *Federica Schiavo* de Roma, 2014), Reino Unido (*Lethaby Gallery* de Londres, 2015) y Alemania (*University Museum* de Heidelberg, 2015).

El resultado del proyecto *MitoSys* se recogió en un documental, *Meetings of Minds* (2014), dirigido por la directora Natasha Serlin. El documental muestra la experiencia de los 6 artistas y los 4 científicos participantes en el proyecto. Está dividido en cuatro partes y muestra la manera en la que los científicos introducen a los artistas en el mundo de las células y la investigación sobre ellas. La primera parte, *Ways of Saying,* presentó el trabajo realizado por la coreógrafa Shobana Jeyasingh en su diálogo con el genetista Kim Nasmyth. La segunda, *Ways of Seeing*[255]*,* mostró la colaboración entre el artista Robert Kesseler y la bióloga molecular Melina Schuh. La tercera parte, *Ways of Being,* muestra los logros

[255] The Bespoke Film Company (el 22 de agosto, 2014). *Ways of Seeing: Meetings of Minds*. Recuperado de: https://vimeo.com/104119376. (Consultado el 13.10.2017)

alcanzados por el tándem artístico compuesto por Heather Ackroyd y Dan Harvey, con el biólogo celular y molecular Jan-Michael Peters. La cuarta parte, *Ways of Growing,* muestra los resultados que consiguieron el tándem artístico compuesto por Lucy Orta y Jorge Orta, y el biólogo molecular Tony Hyman.

La obra *Imagine Tree* (2011), en formato vídeo, fue creada por el tándem artístico compuesto por Ken y Julia Yonetani. Tiene una duración de 7 minutos y 33 segundos y está inspirada en imágenes microscópicas que reproducen la forma de los estomas – células epidérmicas de las plantas, especializadas en el intercambio gaseoso y la transpiración.

El vídeo comienza mostrando la imagen de un tronco de árbol voluminoso situado en el contexto de un bosque, entre otros árboles similares. Los árboles empiezan a respirar, inflando y desinflando sus troncos. La cámara se acerca al tronco del árbol central a un ritmo lento, mientras éste se mueve ligeramente, imitando el ritmo y el movimiento de la respiración. A la vez, se reproduce el sonido del ritmo de la respiración. Con cada respiro, el árbol se infla; con cada exhalación, reduce su tamaño. Acercándose al tronco, se revela primero la textura celular del árbol, para luego enfocarse en un único estoma. El estoma se abre y cierra al ritmo de la respiración. En el último fotograma del vídeo, la morfología del estoma se transforma en un ojo abierto de mirada fija (figura 175). Finalmente, desaparecen todos los indicios formales y queda un único punto luminoso en la escena.

La obra revela el proceso invisible de la respiración de las plantas. Fue grabada en el Parque Nacional *Blue Mountains,* en Nueva Gales del Sur (Australia). Los artistas colaboraron con el Centro de Investigaciones Microscópicas y Microanalíticas de la *University of Sydney*, que proporcionó las imágenes microscópicas de los estomas.



Figura 175. Ken y Julia Yonetani, *Imagine Tree*, video (2011). Fuente: kenandjuliayonetani.com

A partir de la obra *Imagine Tree*, los artistas crearon la instalación *Breathing Tree* (2012) en la fachada del Centro Cultural *Blue Mountains* (Australia). La obra está formada por pequeñas piezas escultóricas en forma de estomas, realizadas en arcilla negra de manganeso. Adheridas a la fachada del edificio, configuran todas ellas la forma de una gran

hoja de eucalipto de unos diez metros de longitud (figura 176). La obra se inspiró, precisamente, en imágenes de hojas de eucalipto realizadas con microscopio electrónico. Su objetivo es mostrar el proceso de la fotosíntesis de las plantas y su respiración.



Figura 176. Ken y Julia Yonetani, *Breathing Tree*, instalación escultórica (2012).
Fuente: kenandjuliayonetani.com y www.thecloudscape.com.au

5.7. Sistemas generativos. Estética de ordenes basados en la construcción de la naturaleza

La naturaleza, llena de formas y patrones, ha sido interpretada por artistas de muy diferentes maneras. El análisis realizado incluye, en primer lugar, los conceptos básicos relacionados con el término "patrón". Segundo, se analiza la presencia de patrones en la naturaleza y su variedad, atendiendo a los conceptos de simetría, espirales y fractales. La última parte está dedicada a los proyectos artísticos del arte contemporáneo que se inspiran en patrones y los reproducen a través de diferentes medios.

Un patrón se entiende como una serie de elementos que se repiten de una manera predecible, creando un conjunto complejo. Su significado puede ser amplio. Según el diccionario *Oxford*, un patrón puede ser: "Un arreglo o diseño presente en objetos comparables"; "Una forma o secuencia regular e inteligible, discernible en la forma en que algo sucede o se hace"; "Un conjunto de instrucciones que se deben seguir para hacer un artículo cosido o de punto"; o "Un ejemplo para que otros sigan."[256]

La definición de "patrón" quizás más afín al tema tratado en este apartado, proviene del diccionario *Collins* de la lengua inglesa, donde se define como "... la disposición de líneas o formas, especialmente un diseño en el que la misma forma se repite a intervalos regulares sobre una superficie."[257] El patrón es un elemento básico que crea una estructura específica aplicando una repetición.

5.7.1. Biblioteca de patrones. Repetición, ritmo y estructura

El ser humano es un ser visual, con necesidad de orden. Esta necesidad se refleja en la búsqueda de secuencias y de ritmos presentes en patrones de la naturaleza a fin de entender la información visual recibida. Encontrando los elementos repetitivos básicos de un patrón aparece la sensación de fiabilidad, seguridad y certeza. Opuestamente, la falta de compresión del funcionamiento de los patrones provoca inseguridad y turbación. El director del Instituto de Ciencia de los Materiales, y profesor de física de la *University of Oregon* (EE.UU), Richard Taylor, escribe en su artículo *Fractal Patterns in Nature and Art Are*

[256] Pattern (sin fecha). En: *Oxford Living Dictionaries* Recuperado de: https://en.oxforddictionaries.com/definition/pattern. (Consultado el 20.05.2019). "An arrangement or design regularly found in comparable objects."; "A regular and intelligible form or sequence discernible in the way in which something happens or is done."; "A set of instructions to be followed in making a sewn or knitted item."; o "An example for others to follow."

[257] Pattern (sin fecha). En: *Collins English Dictionary*. Recuperado de: https://www.collinsdictionary.com/dictionary/english/pattern. (Consultado el 21.11.2018). "... an arrangement of lines or shapes, especially a design in which the same shape is repeated at regular intervals over a surface."

Aesthetically Pleasing and Stress-Reducing (2017) sobre la conexión que existe entre el bienestar humano y los patrones repetitivos. El autor observa cómo los patrones repetitivos tienen un efecto positivo sobre las personas que sufren estrés.[258]

Los conceptos importantes para el análisis relacionados con los patrones son la repetición, el ritmo y la estructura. La **repetición** supone la acción de reiterar un solo elemento o una secuencia. El **ritmo** está definido por los intervalos entre esas repeticiones y provocan la sensación de armonía y movimiento. En la música, el ritmo se crea con el silencio entre notas, mientras que en el arte visual el ritmo proviene de la inserción de espacios entre los elementos repetidos. La repetición y el ritmo, juntos, crean una **estructura**.

El investigador y escritor español Jorge Wagensberg, describe la presencia de los patrones repetitivos en la naturaleza con distintos grados de complejidad: del caos al orden, en el libro *La rebelión de las formas* (2004).[259] Según el Diccionario de la Real Academia Española, el caos se define como el "estado amorfo e indefinido que se supone anterior a la ordenación del cosmos"[260], mientras que el orden representa una "regla o modo que se observa para hacer las cosas."[261] Desde el punto de vista de los patrones, el caos se puede observar como una repetición de secuencias muy complejas, donde resulta difícil observar los elementos básicos y su ritmo.

La teoría del caos fue propuesta en 1961 por el matemático y meteorólogo estadounidense Edward Norton Lorenz. El científico introdujo el término *efecto mariposa* para describir cómo evolucionan los sistemas dinámicos, caóticos. Si se introduce una perturbación inicial, pequeña en un sistema, en un momento dado, a largo plazo puede generar una secuencia de acontecimientos de una magnitud inmensa. Estrechamente relacionados con esta teoría se encuentran los fractales. Se entienden como una representación geométrica del caos. El físico Eliezer Braun observa la presencia del caos en la mayoría de los modelos biológicos que nos rodean. "El caos es una ciencia de la naturaleza global de los sistemas."[262] El concepto de los fractales fue introducido en 1975 por el matemático polaco Benoît Mandelbrot. El científico lo define como una forma básica irregular que se repite en diferentes escalas (figura 177).

---

[258] Taylor, R. (31 de marzo, 2017). Fractal Patterns in Nature and Art Are Aesthetically Pleasing and Stress-Reducing. *Smithsonian*. Recuperado de: https://www.smithsonianmag.com/innovation/fractal-patterns-nature-and-art-are-aesthetically-pleasing-and-stress-reducing-180962738/. (Consultado el 22.11.2018). "Researchers are untangling just what makes particular works of art or natural scenes visually appealing and stress-relieving – and one crucial factor is the presence of the repetitive patterns called fractals."

[259] Wagensberg, J. [2004]. *La rebelión de las formas*. Barcelona: Tusquets Editores, S.A. Pág. 286

[260] Caos (sin fecha). En: *Diccionario de la lengua española. Real Academia Española*. Recuperado de: https://dle.rae.es/?id=7HD3hMJ. (Consultado el 29.05.2019).

[261] Orden (sin fecha). En: *Diccionario de la lengua española. Real Academia Española*. Recuperado de: https://dle.rae.es/?id=R9ScnIe. (Consultado el 29.05.2019).

[262] Braun, E. (1996). *Caos, fractales y cosas raras*. México: Fondo de Cultura Económica. Pág. 150

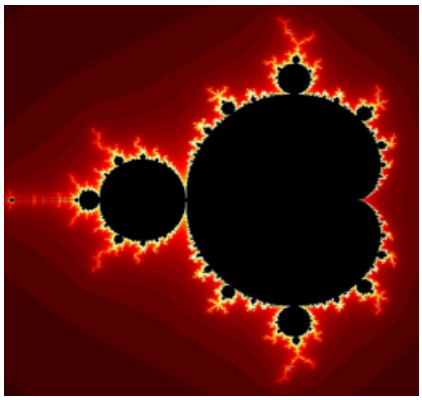


Figura 177. Mandelbrot. Fractales algorítmicos. Fuente: imgur.com

Un fractal está definido en el diccionario de la Real Academia Española como la "estructura iterativa que tiene la propiedad de que su aspecto y distribución estadística no cambian cualquiera que sea la escala con que se observe."[263] Se caracteriza por la idea de autosimilitud en su estructura. Cada elemento singular repite la estructura de la totalidad. Los fractales representan una de las formas más frecuentes en la naturaleza. Se encuentran en el mundo vegetal, las cadenas montañosas, las orillas de los ríos, la superficie del cerebro, los sistemas circulatorio y nervioso de los mamíferos, etc. Sin embargo, el informático y profesor de la *Tisch School of the Arts* de Nueva York (EE.UU), Daniel Schiffman, observa que aunque la autosimilitud es una característica clave de las formas fractales, su presencia no es suficiente para generarlas. Es necesario que la autosimilitud genere patrones y estructuras complejas a partir de reglas de repetición simples en diferentes escalas.[264] Wagensberg observa los fractales desde el punto de vista de la funcionalidad constructiva, describiéndolos como "... la manera más simple de crear complejidad: iterando un patrón cierto número de veces en escenarios cada vez más pequeños – es cuando formar es, además, una manera de crecer, de rellenar el espacio. Una forma fractal no es una forma, sino más bien una familia, clase de formas."[265]

Otro concepto vinculado a los patrones de la naturaleza es la simetría. El término proviene del griego y está compuesto por el prefijo *sym-* (significa *con*) y la raíz *metrón* (significa *medida*), refiriéndose a algo bien proporcionado y equilibrado. De esta manera, la simetría se encuentra en la base de la armonía y de la belleza clásica, entendida al modo de los antiguos griegos. Desde el punto de vista matemático, la simetría se entiende como "la

[263] Fractal (sin fecha). En: *Diccionario de la lengua española. Real Academia Española*. Recuperado de: http://dle.rae.es/srv/search?m=30&w=fractal. (Consultado el 22.11.2018)

[264] Shiffman, D. (2012). *The Nature of Code: Simulating Natural Systems with Processing*. 1st ed. Unated States: D. Shiffman. Pág. 358 "A line looks the same at any scale, and can be thought of as comprising lots of little lines. But it's not a fractal. Fractals are characterized by having a fine structure at small scales ... and cannot be described with Euclidean geometry."

[265] Wagensberg, J. (2004). *La rebelión de las formas.* Barcelona: Tusquets Editores, S.A. Pág. 250

cualidad de estar formado por partes exactamente similares enfrentadas entre sí o alrededor de un eje."[266] El matemático alemán Hermann Weyl, distingue en su obra *Symmetry*[267] (1952), los siguientes grupos de simetría (figura 178): la simetría **bilateral**, presente en la forma de los organismos vivos que tienen similitud entre su parte formal izquierda y su derecha; la simetría **translatoria**, que implica la repetición de un elemento con intervalos y distancias idénticas, de tal modo que se creen infinitos patrones; la simetría **rotacional**, que incluye la rotación de una forma alrededor de un eje, mientras esta forma conserva su aspecto (numerosos ejemplos se encuentran en plantas o conchas); y la simetría **ornamental**, que consiste en secuencias complejas de elementos y que está presente, de forma bidimensional, en el diseño de superficies en el arte y, de forma tridimensional, en la distribución de átomos en la construcción de cristales.

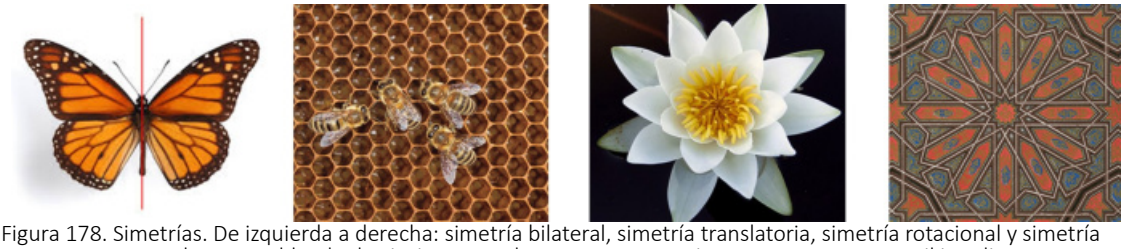


Figura 178. Simetrías. De izquierda a derecha: simetría bilateral, simetría translatoria, simetría rotacional y simetría ornamental. Fuente: blogdeplasticajesus.wordpress.com, www.pinterest.es, commons.wikimedia.org y nl.pinterest.com

Relacionada con la simetría rotacional, se encuentra la conocida Sucesión de Fibonacci, introducida en Italia por Leonardo de Pisa-conocido como Fibonacci- en su libro *Liber abaci* (1202). Se trata de una sucesión infinita de números naturales, donde cada uno de ellos es resultado de la suma de los dos anteriores:

0, 1, 1, 2 , 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55, 89, 144, 233 …

Si a cada número de la sucesión de Fibonacci le asociamos un cuadrado de diagonal igual a este número, y se van distribuyendo todos ellos de tal modo que sigan la secuencia izquierda – abajo- derecha – arriba – izquierda, y así sucesivamente, empezando desde el cuadrado de menor tamaño y siguiendo un orden creciente, es posible generar una espiral con arcos de circunferencia que los atraviesan diagonalmente (figura 179).

La sucesión de Fibonacci está estrechamente relacionada con la proporción áurea y con el número áureo, phi (ϕ), de un valor aproximado de 1,6180339887… La espiral de Fibonacci representa una expresión estéticamente agradable de la Regla de los Terceros, usada en la composición de imágenes.

[266] Symmetry (sin fecha). En: *Oxford Living Dictionaries* Recuperado de: https://en.oxforddictionaries.com/definition/symmetry. (Consultado el 25.05.2019).

[267] Weyl, H. (1952). *Symmetry*. New Jersey, USA: Princeton University Press, 1966.

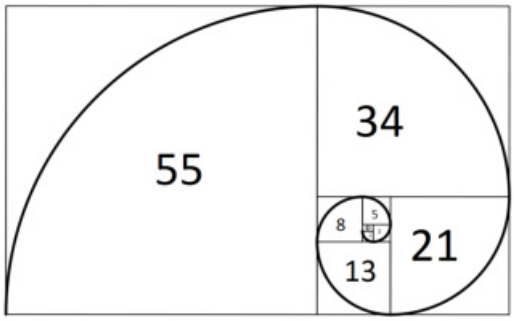


Figura 179. Espiral de Fibonacci. Fuente: lamenteesmaravillosa.com

La presencia de patrones en la naturaleza la han observado varios científicos e investigadores que han intentado encontrarles una explicación. En la presentación *Patterns in art and nature* (2003), en la *Dulwich Picture Gallery* (Reino Unido), el científico inglés Philip Ball sostuvo que el primero en abordar la formación de patrones como un proceso general que ocurre en la naturaleza, fue el zoólogo escocés D'Arcy Thompson. Thompson trató, entre otros temas, los efectos que la escala tenía en la forma de los animales y las plantas y el crecimiento de la forma de los organismos vivos. Introdujo el término *morfógenos* para describir las sustancias presentes en los organismos vivos que generan patrones periódicos.

Una idea similar sobre la creación de patrones biológicos aparece en el artículo *The Chemical Basis of Morphogenesis* (1952), escrito por el matemático inglés Alan Turing. El autor explicó los mecanismos de crecimiento de patrones naturales describiendo la morfogénesis – el desarrollo de las características estructurales y patrones en los organismos vivos. Turing propuso un modelo reactivo – difusivo, basado en dos tipos de morfógenos: activadores e inhibidores. Este modelo funciona de tal manera que la difusión de uno de los morfógenos (el activador), influye en el otro (el inhibidor). Estas dos sustancias químicas se encuentran distribuidas homogéneamente dentro de un espacio determinado. El morfógeno activador se activa localmente e interactuá con el morfógeno inhibidor, capaz de realizar una inhibición de largo alcance. En el caso de que el inhibidor se difunda más rápido que el activador, se producen formas nuevas. Si no es el caso, el inhibidor agota la presencia del activador y la interacción se termina. La teoría de Turing fue rechazada en el ámbito científico por falta de justificación experimental. En el año 2012 un grupo de científicos de Inglaterra, Suecia y Japón, encontró una prueba que confirmó su teoría. El experimento consistió en el análisis del espaciamiento de las crestas presentes en el paladar de embriones de ratón. Se identificó la presencia de los morfógenos activadores e inhibidores que, interactuando, crearon estos patrones. Los resultados fueron publicados

en la revista *Nature Genetics*, en el artículo *Periodic stripe formation by a Turing-mechanism operating at growth zones in the mammalian palate* (2012).[268]

Independiente del trabajo de Turing, el químico ruso Boris Belousov, descubrió en el año 1951 la estrategia de creación de patrones biológicos irregulares, provocada por la reacción entre dos tipos de sustancias químicas denominadas "reactivos" y "productos." La misma reacción fue estudiada por el químico ruso Anatol Zhabotinsky en 1961. La reacción Belousov–Zhabotinsky es una reacción oscilante, donde la concentración de una de las sustancias químicas participantes aumenta y disminuye de manera rítmica. Los reactivos y los productos forman patrones irregulares de dos colores en círculos concéntricos (figura 180).



Figura 180. Belousov-Zablatinsky, *Reacción Belousov-Zablatinsky*. Creación de patrones realizados por reacción química. Fuente: www.researchgate.net

En 1968, el biólogo húngaro Aristid Lindenmayer (1925–1989), tradujo el crecimiento de las formas de las plantas a un algoritmo lógico, denominado *Sistema-L*, para luego desarrollar programas o *plug-ins* informáticos capaces de generarlos. El modelo describe un conjunto de reglas y símbolos dirigido a la modelación del proceso de crecimiento botánico, aunque puede igualmente servir para una amplia variedad de organismos. Consiste en un alfabeto de símbolos que se pueden combinar de diferentes formas, construyendo estructuras geométricas. Lindenmayer empezó a utilizar el *Sistema-L* para explicar los patrones de crecimiento de las algas, formulando el problema mediante la siguiente pregunta: "¿De qué forma estará codificada la información que hace que una semilla prácticamente amorfa llegue a desarrollarse como un árbol o una hierba de gran complejidad estructural?"[269] El

[268] Economou, A. D., Ohazama, A., Porntaveetus, T., Sharpe, P. T., Kondo, S., Basson, M. A., Gritli-Linde, A., … Green, J. B. (2012). Periodic stripe formation by a Turing mechanism operating at growth zones in the mammalian palate. *Nature genetics, Vol. 44, Nº*3. pp. 348-51. doi:10.1038/ng.1090

[269] Campos Muñoz, D. (el 26 de agosto, 2011). Introducción a los sistemas de Lindenmayer: fractales, autómatas celulares y aplicaciones. En: McIntosh H.V. (Presidencia), *Veranos de la Investigación*. XXI Verano de la

sistema de Lindenmayer representa el primer uso de las tecnologías computacionales en la definición de objetos complejos. El *Sistema-L* está compuesto por tres elementos que conducen a su funcionamiento:

- Alfabeto. Formado por símbolos, las unidades básicas del sistema. A,B,C...;
- Axioma. Cadena formada por símbolos. Describe el sistema en su estado inicial. A;
- Conjunto de reglas de producción. Se aplican al axioma y generan cadenas formadas por los símbolos del alfabeto. Se aplican simultáneamente a todos los símbolos del axioma (A→AB, B→A...).

El *Sistema-L* se puede aplicar a diferentes campos del estudio. En el área de la botánica y la biología sirve para estudiar las características morfológicas y de crecimiento de plantas y diversos organismos. El matemático mexicano Daniel Muñoz Campos, propone que el *Sistema-L* puede ser útil en la investigación sobre la productividad de las cosechas en relación con la distribución de las plantas según la técnica de siembra, riego y cuidado.[270] En el arte y en la arquitectura se puede emplear para descifrar la composición de estructuras complejas. En la esfera digital sirve para visualizar elementos en la industria cinematográfica y de videojuegos, para la planificación de zonas urbanas, la simulación de diversos procesos complejos, el modelado tridimensional, la reconstrucción de las especies de organismos extintos, etc.

5.7.2. Estudio de casos. Procesos repetitivos analógicos y procesos computacionales

La variedad de sistemas generativos y de estructuras complejas de la naturaleza han inspirado el trabajo de diferentes artistas y diseñadores. Los proyectos artísticos seleccionados se inspiran en patrones presentes en la botánica, en los organismos vivos y en su proceso generativo. Las obras se analizan de acuerdo a tres grupos formados según la manera en la que el artista trata los patrones naturales. El primer grupo contiene obras que interpretan los patrones interviniendo sobre el papel, usando la técnica del bordado o del marmoleado. El segundo grupo reúne obras que, por un lado, utilizan objetos físicos recolectados de la naturaleza para crear simetrías, o que, por otro, utilizan los procesos químicos naturales generativos de patrones para la creación de la obra. El tercer grupo está dedicado a artistas que utilizan la tecnología para visualizar los patrones a través de instalaciones cinéticas, ordenadores y obras digitales.

Investigación Científica, Departamento de Aplicación de Microcomputadoras, Instituto de Ciencias. Universidad Autónoma de Puebla, México. Resumen.

[270] Campos Muñoz, D. (el 26 de agosto, 2011). Introducción a los sistemas de Lindenmayer: fractales, autómatas celulares y aplicaciones. En: McIntosh H.V. (Presidencia), *Veranos de la Investigación*. XXI Verano de la Investigación Científica, Departamento de Aplicación de Microcomputadoras, Instituto de Ciencias. Universidad Autónoma de Puebla, México. Pág. 11.

1. Celdas básicas, módulos repetitivos y patrones. Gail Wight, Meredith Woolnough, Roland Flexner, Pernille Snedker Hansen y Matthew Shlian

La serie *Solar Burn* (2011), de la artista Gail Wight, está formada por seis obras con patrones inspirados en la forma de red que generan las arañas. La artista interviene sobre papel vitela translúcido. Dibuja los patrones quemando la superficie del papel con luz solar mediante una lupa (figura 181). La obra se inspiró en el experimento que el farmacólogo suizo Peter N. Witt realizó a finales de los años 40. Su investigación incluyó la observación de irregularidades en patrones de redes creadas por arañas sometidas a la influencia de diferentes narcóticos: benzedrina, cafeína, hidrato de cloral, marihuana, mescalina y LSD. Cada uno de los narcóticos produjo un efecto diferente en la forma en la que las arañas generaron patrones de redes. En la creación de su serie, la artista copió los seis patrones generados en estas circunstancias sobre papel vitela en formato de 50,5 x 40,5 cm.

La serie *Under the Influence* (2012) fue creada por Wight como continuación de la serie *Solar Burn*. En el año 1996, la NASA repitió el experimento de Witt sometiendo a las arañas a diferentes dosis de estupefacientes, anfetaminas, estimulantes y alucinógenos. La artista utilizó estos resultados para recrear nuevos patrones usando la misma técnica del dibujo, la de quemado de la superficie de papel vitela translúcido con luz solar, descrito anteriormente. La serie está formada por 6 obras con formato de 122 x 91,5 cm. Las obras fueron producidas para la exposición *Natural Discourse*, celebrada en los *Berkeley Botanical Gardens*, de la *University of California* (EE.UU), en 2012. La exposición fue organizada por las artistas y diseñadoras estadounidenses Shirley Watts, de Alameda, y Mary Anne Friel (figura 182).



Figura 181. Gail Wight, *Solar Burn*, papel de vitela quemada, 50,5 x 40,5 cm (2011). Fuente: web.stanford.edu



Figura 182. Gail Wight, *Under the Influence*, papel vitela quemada, 122 x 91,5 cm (2012). Fuente: web.stanford.edu

La serie *Typologies* (2015), de la artista australiana Meredith Woolnough, es una instalación compuesta por 25 estudios monocromáticos de diferentes patrones naturales presentes en hojas y corales (espirales, fractales, simetrías, etc.). La serie está realizada con la técnica del bordado. La autora explora el equilibrio, la armonía y la interconexión de los elementos que constituyen estos patrones y propone estructuras de red que describen su crecimiento (figura 183).

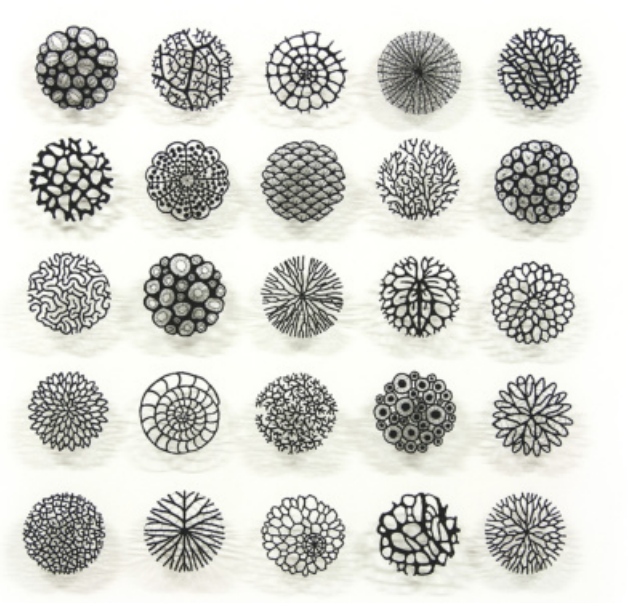


Figura 183. Meredith Woolnough, *Typologies*, instalación, 70 x 70 cm (2015).
Fuente: meredithwoolnough.com.au

En la creación de su obra, Woolnough utilizó la técnica del bordado sobre tela soluble al agua. Al terminar el trabajo, la artista lava la obra a mano, haciendo que la tela que soporta la obra desaparezca, dejando como resultado final las estructuras bordadas de las formas naturales observadas. En la entrevista para la *Timeless Textiles Gallery*, donde expuso su obra en la exposición *Akin*, la artista explica que usó materiales muy delicados en la producción de esta serie. Empleó hilos finos para el bordado con el fin de mostrar la delicadeza de estas formas naturales.[271]

La serie *Bubbles*, de Roland Flexner, creada en los años 90, fue elaborada con tinta sobre papel mediante una técnica particular. El artista realiza una mezcla líquida de tinta, agua y jabón, y mediante un pincel ahuecado insuflaba aire a la mezcla para generar pompas,

[271] Timeless Textiles Gallery. (26 de mayo, 2014). Meredith Woolnough chats about her recent exhibition Akin @ TimelessTextiles Gallery. Recuperado de: https://www.youtube.com/watch?v=JuLsRclKmmE. (Consultado el 12.02.2018). "The delicacy comes from ... using very delicate materials, very fine threads, very strong threads, but also thought, I suppose, the way that I try and stitch is to create something that´s very light, delicate and beautiful. Somewhat replicating their natural forms that inspire me."

dejándolas explotar encima del papel, creando diferentes patrones (figura 184). Atraído por el arte asiático, Flexner hizo varios viajes a Japón, donde investigó los diferentes tipos de tinta y sus aplicaciones, así como la técnica del s*uminagashi*, un antiguo método de decoración del papel originalmente practicado en China, y a partir del siglo XII presente también en Japón. El propio nombre de la técnica, *suminagashi*, significa "tinta flotante", y consiste en crear patrones orgánicos, creados con tinta, sobre la superficie del agua y transferirlos luego al papel.

Flexner comenzó a hacer sus propios experimentos, mezclando la tinta con el agua y el jabón. Mediante un pincel ahuecado empezó a soplar pompas de esta mezcla, dejándolas explotar encima del papel, creando así diferentes patrones. El proceso creativo de Flexner se basa en años de práctica e investigación sobre los materiales usados: el tipo de tinta, el tipo de papel, el grado de viscosidad de los líquidos, etc. Aunque la creación – la explosión de la pompa sobre el papel – sucede en apenas un instante, está precedida por un elaborado sistema de preparación. En una entrevista para *Art in America*, realizada por la editora Haye Firsch, Flexner explica la importancia de la selección del patrón final en su proceso creativo. El artista no deja explotar todas y cada una de las pompas, sino solo aquellas que tienen la forma adecuada. Su tarea artística tiene casi un aspecto performativo, centrado en la preparación de los materiales y las metodologías, haciendo que la mayoría del trabajo se desarrolle de forma previa al momento de la creación de la imagen.[272]



Figura 184. Roland Flexner, *#36* y *#15*, serie *Bubbles*, tinta sobre papel (años 90).
Fuente: rolandflexner.com

La obra *Refraction* (2013), de la arista danesa Pernille Snedker Hansen, forma parte de la serie *Marbelous Wood*, y está compuesta por varias piezas de madera decoradas con la técnica del marmoleado (figura 185). La obra fue expuesta en la exposición anual

[272] Hirsch, F. (2010). In the Studio. Roland Flexner. *Art in America*, September 2010, pp. 78-83. Pág. 81. "Ninety-nine percent of the work is done prior to the image appearing on paper. I have to make sure the medium is the right consistency. I have to get everything ready – the paper, cleaning the table. After that, there is a kind of performative aspect to my work … It takes less than a second for the thing to appear ... You don´t see anything."

MINDCRAFT13, realizada en Milano (Italia) en 2013. La exposición, organizada por la Fundación de Artes de Dinamarca y la Agencia Danesa de Cultura y Palacios, se celebra desde el año 2008. Está dirigida a artesanos y diseñadores daneses. *Refraction* se inspira en el elemento tradicional de los suelos de parqué escandinavos. La artista cambia su apariencia común e interviene sobre la madera con la técnica del *marmoleado* utilizando vivos colores.



Figura 185. Pernille Snedker Hansen, *Refraction*, de la serie *Marbelous Wood*, marmoleado sobre madera (2013). Fuente: www.snedkerstudio.dk

La técnica del *marmoleado* o *ebru* se practica desde el siglo XV en Oriente, principalmente en Turquía y Persia. Se asemeja a la técnica *suminagashi*, con la diferencia del tipo de agua usado. El *suminagashi* emplea únicamente agua natural, que hace que la tinta flotante en su superficie sea fácilmente modificable por los movimientos del agua, haciendo, de este modo, difícil controlar los patrones que surgen. El *ebru*, en cambio, utiliza una mezcla de agua con polvo de algas, u otros tipos de polvos de cola o de musgo irlandés. De esta forma, el agua es más densa y la tinta más estable. En este caso, la manipulación de patrones de tinta en su superficie se puede realizar con mucha más precisión (figura 186).



Figura 186. Procesos creativos *suminagashi* y *ebru*. De izquierda a derecha: *suminagashi* utiliza el agua; *ebru* utiliza una mezcla de agua con polvo de algas u otros tipos de polvos de cola o de musgo irlandés. Fuente: www.japansociety.org y cipevents.com

Snedker utiliza la técnica y materiales del *ebru* en su trabajo, pero con el enfoque conceptual del suminagashi. Deja que el patrón se cree poniendo los colores seleccionados sobre la superficie de agua. Los patrones se generan así de forma natural, sin intervención manual o mecánica.

En el texto *Drip by Drip by Drip. On the art of Pernille Snedker Hansen* (2014), publicado en la página web de la artista, la comisaria austríaca Miriam Kathrein, comenta que la base del proceso creativo de Snedker es la repetición. La artista vierte gotas de diferentes colores sobre la superficie del agua y deja que interactúen entre sí. Su inspiración cromática proviene del efecto que la refracción de la luz produce cuando atraviesa un prisma. Los colores que elige se distribuyen teniendo en cuenta el contraste de claros y oscuros y siguiendo los patrones constructivos de la superficie de la madera. Aunque la repetición consiste en la misma acción, los resultados surgidos son diferentes en cada ocasión.[273]

La exposición *Chirality*, celebrada en 2016 en la Academia Nacional de las Ciencias, en Washington (EE.UU), presentó la obra del artista estadounidense Matthew Shlian. Expuso quince esculturas hechas de papel, que presentan diferentes patrones geométricos tridimensionales. Las obras fueron desarrolladas con la técnica del origami, el arte del plegado del papel, así como con la del kirigami, técnica similar que incluye el corte (figura 187). La obra de Shlian está inspirada en patrones biomiméticos y geométricos presentes en estructuras celulares, el arte islámico, la arquitectura, etc.



Figura 187. Matthew Shlian, *Ara 211*, *Chirality*, 122 x 210 x 18 cm (2016).
Fuente: www.mattshlian.com

[273] Kathrein, M. (enero, 2014). *Drip by Drip by Drip. On the art of Pernille Snedker Hansen*. Snedker Studio. Recuperado de: http://www.snedkerstudio.dk/article. (Consultado el 18.03.2017). "Though trying to repeat it, the attempt results in something completely different and creates a yet unseen uniqueness... In search of visual phenomena in nature like structures of wood, grain, patterns of growth, Pernille Snedker Hansen sets out to experiment with techniques to imitate and magnify nature."

Desde el año 2006, Schlian colabora con los científicos de la *University of Michigan* (EE.UU) investigando las posibilidades de la aplicación del kirigami al desarrollo de mecanismos para el movimiento de las células de los paneles solares. El objetivo de la colaboración es encontrar la forma más conveniente de diseñar las placas de las células solares para que puedan rastrear la luz del sol. Este diseño facilitaría que los paneles solares pudieran capturar más luz solar, y producir hasta un 40 por ciento más de energía.

2. Simetría y procesos químicos. Gail Wight y Emanuele Fornasier

La serie *Ground Plane* (2008), de Gail Wight, está compuesta por una serie de doce fotografías de patrones formados por huesos de animales (ardilla, marmota, serpiente, rana y otros) en escala natural. Están impresas en formato 107 x 107 cm. Para realizar la obra, la artista fotografió cientos de huesos y los distribuyó sobre un fondo cuadrado mediante el programa gráfico *Photoshop*, siguiendo una simetría formal. Todos los huesos fotografiados y distribuidos en las imágenes finales son únicos. Ninguno de ellos se repite (figura 188). Los huesos pertenecen a la colección de *Hadly Lab* del Departamento de Biología de la *Stanford University* (EE.UU). El laboratorio se dedica a la investigación sobre la morfología genética, la población y las familias de los ecosistemas de los vertebrados de Patagonia, India y sureste de Asia. Todos los huesos tienen entre mil y diez mil años de datación, y es mediante el uso de huesos tan antiguos cómo la artista refleja la influencia y el paso del tiempo. Son presentados como un nexo entre la información sobre el pasado y el presente de la Tierra.

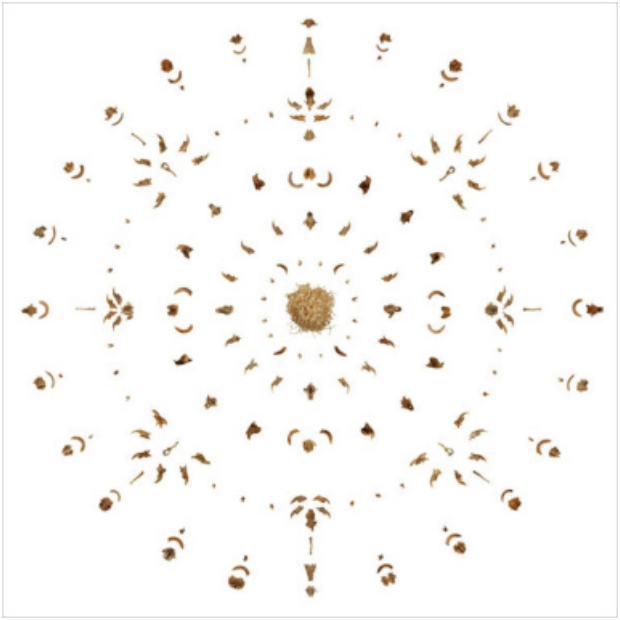


Figura 188. Gail Wight, *Ground Plane*, impresión digital sobre papel, 107 x 107 cm (2008). Fuente: web.stanford.edu

Kit (2010), de Gail Wight, es una obra de gran formato (111,5 x 265 cm) impresa sobre lienzo. La obra está formada por una serie de objetos seleccionados por la artista, encontrados en la excavación arqueológica de Stonehenge, en el condado de Wiltshire (Reino Unido): piedras, ramas y huesos. Durante la residencia artística que la artista realizó en el Museo Salisbury (Reino Unido), fotografió estos objetos y luego creó patrones distribuyendo los elementos mediante el programa gráfico *Photoshop*. El patrón de la composición está organizado simétricamente y se inspira en la morfología de las ventanas de vidrio de la catedral de Salisbury, visibles desde el Museo Salisbury. Como fondo de la obra, una fotografía del monumento Stonehenge y su entorno (figura 189).



Figura 189. Gail Wight, *Kit*, impresión digital sobre lienzo, 111,5 x 265 cm (2010).
Fuente: web.stanford.edu

El video *Crystal Birth*[274] (2016), del químico y artista italiano Emanuele Fornasier, publicado en *Vimeo*, muestra la formación de cristales creados por el proceso químico de electrocristalización. Se trata del proceso de creación de cristales metálicos en una solución a la que se le aplica una corriente eléctrica. La electricidad provoca la formación de estructuras metálicas de cristales complejos mediante patrones repetitivos.

Fornasier introduce diferentes filamentos de metal en una solución líquida con alta concentración de iones metálicos (filamentos de cobre, plata, bismuto, cinc, estaño y plomo). Registró el proceso de cómo los filamentos expuestos a la influencia de un campo eléctrico se solidificaron formando cristales (figura 190). Este proceso, hasta su finalización, puede durar desde horas hasta días. El vídeo muestra de forma acelerada la creación de estas estructuras. Fornasier utilizó una cámara con una lente macro para la creación del vídeo, capturando un fotograma cada minuto.

[274] Fornasier, E. (el 28 de agosto, 2015). *Crystal Birth.* Recuperado de: https://vimeo.com/137625468. (Consultado el 23.10.2017).



Figura 190. Emanuele Fornasier, *Crystal Birth*, vídeo (2016). Fotogramas del proceso de cristalización de diferentes metales. Fuente: vimeo.com

3. Mecanismos y patrones evolutivos. John Edmark, Chico McMurtrie, Karl Sims, Natalie Settles y Marius Watz

Las obras *Blooms* (2014) y *Blooms 2* (2016), del artista estadounidense John Edmark, son estructuras inspiradas por la secuencia de Fibonacci y los ángulos áureos presentes en elementos de la naturaleza. Están producidas con una impresora 3D, que utiliza un filamento de nailon de color blanco, y se encuentran colocadas sobre un soporte giratorio. El aspecto visual de la obra es el de una superficie granulada con una textura mate (figuras 191 y 192).

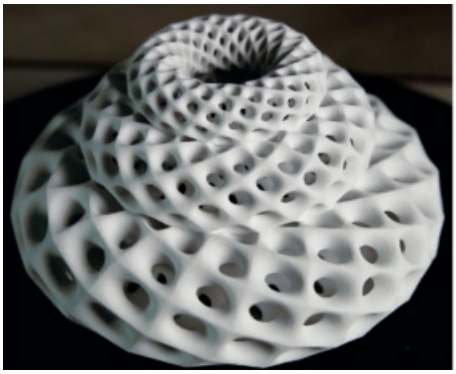


Figura 191. John Edmark, *Blooms*, impresión 3D (2014)
Fuente: sciencenode.org



Figura 192. John Edmark, *Blooms 2*, impresión 3D (2016)
Fuente: www.bsomultimedia.com

Al girarlas progresivamente bajo una luz estroboscópica, las esculturas producen la impresión de movimiento. La luz y la rotación están sincronizadas de tal forma que se produce un destello de luz cada vez que la escultura gira 137.5 grados, que resulta ser la versión angular de la proporción áurea, phi (ϕ). La misma proporción áurea está presente en la naturaleza en la generación de formas de ciertos patrones espirales, tales como las piñas y los girasoles.

La escultura cinética *Helicone* (2015) está elaborada con madera contrachapada cortada con láser. Está formada por un conjunto de piezas de tamaños diferentes, ensambladas entre sí a lo largo de un delgado tubo de latón que hace las veces de eje vertical y en torno al que pueden girar parcialmente estas piezas. Éstas se ordenan de tal modo que la de mayor dimensión viene a recaer en el centro, desde el que, hacia arriba y hacia abajo, se distribuyen las restantes en orden decreciente hasta ocupar las de menor tamaño los extremos del conjunto. Todo reposa sobre una base de madera que le proporciona el equilibrio necesario. El ángulo de giro de cada una de las piezas con respecto a las adyacentes está limitado a los 137,5 grados, asociados, como decíamos, al número aúreo (figura 193). El movimiento de la escultura es manual. Girando al máximo todos los elementos hacia un lado, todos ellos quedan conformando una espiral. Girándolos hacia el lado opuesto, se agrupan dando la sensación de una forma orgánica (figura 194).

Los vídeos de la serie *Natural Bloom* (2015) utilizan alcachofas y cactus, colocados sobre un plato que gira a cierta velocidad. Su patrón de crecimiento se basa en la forma espiral, siguiendo la secuencia de Fibonacci. El vídeo de la alcachofa se grabó a 24 imágenes por segundo, utilizando una velocidad de obturación muy rápida (1/4000 segundos). Cada vez que la alcachofa realiza un giro completo de 137,5 grados, se captura una imagen, creando la ilusión de que sus hojas se mueven hacia arriba o hacia abajo. El vídeo del cactus se realizó utilizando el formato de animación *stop-motion*. Cada fotograma de la animación capta una imagen del cactus correspondiente a un giro de 137,5 grados. De esta forma, se crea la ilusión de que las areolas emergen del centro del cactus (figura 195).

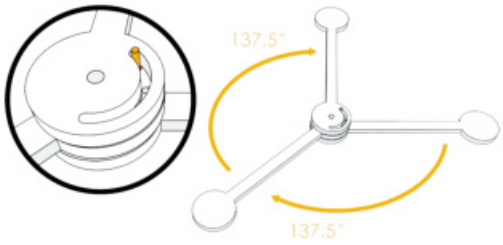


Figura 193. John Edmark, *Helicone*, escultura cinética. Detalle, mecanismo de la escultura. Fuente: www.youtube.com



Figura 194. John Edmark, *Helicone*, escultura cinética (2015). Fuente: mymodernmet.com



Figura 195. John Edmark, *Cactus, Natural Bloom* (2015). Fuente: www.johnedmark.com

La obra *Organic Arches* (2014), del artista estadounidense Chico McMurtrie, es una instalación de gran formato, formada por dieciséis arcos de material inflable suspendidos del techo. Los arcos están fabricados con tejido de alta resistencia y están controlados por un ordenador que monitoriza su grado de inflado y desinflado. Estos cambios de estado modifican la forma de los arcos, que pasan de formar una estructura arquitectónica estable, al ser inflada, a una estructura orgánica, al desinflarse (figura 196). La obra se inspira en la metamorfosis de las formas orgánicas. Representa el cambio de una forma a otra, utilizando como referencia la respiración de un organismo vivo. La aparición de las formas orgánicas sugiere la presencia de estructuras moleculares basadas en la materia y la vida.[275]



Figura 196. Chico MacMurtrie, *Organic Arches*, instalación (2014). Estados: inflado y desinflado.
Fuente: www.artmagazin.hu

La instalación *Biomorphic Wall* (2015) es una instalación robótica de gran formato, de casi diez metros de longitud, suspendida del techo. Está compuesta por un sistema de tubos inflables de tejido de alta resistencia, conectados entre sí hasta formar una estructura de red (figura 197). Los tubos están controlados por un mecanismo neumático de circuito cerrado, que provoca que el material se infle o desinfle. Al inflarse, la obra se convierte en

[275] MacMurtrie, C. (sin fecha). *Organic Arches*. Chico MacMurtrie, Amorphic Robot Works. Recuperado de: http://amorphicrobotworks.org/organic-arches. (Consultado el 17.09.2017). "The arches coil into organic-looking shapes that suggest molecular structures, the building blocks of matter and life. These suggest the awakening of a living system or the onset of a new state. Finally the collapsed arches retreat into the abstract sign language of a computer-controlled organism."

una pared arquitectónica que da la sensación de solidez. Al desinflarse, el proceso de su movimiento simula el comportamiento de una membrana celular viva. La apariencia de los materiales usados en su creación y el movimiento provocado por el aire, causan una sensación simultánea de firmeza y suavidad.

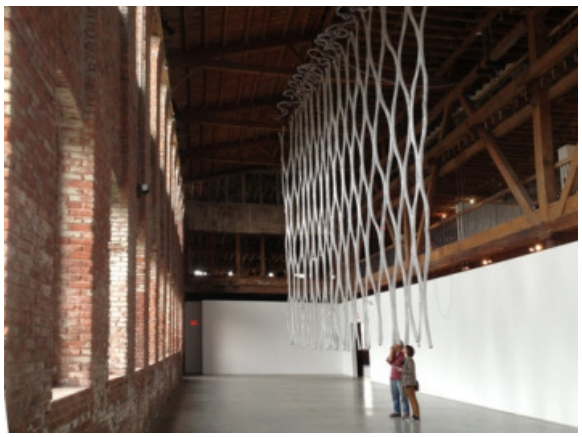


Figura 197. Chico MacMurtrie, *Biomorphic Wall*, instalación (2015). Fuente: amorphicrobotworks.org

La construcción de las dos obras, *Organic Arches* y *Biomorphic Wall*, requiere para su elaboración de conocimientos transdisciplinares, complejos. Por un lado, es necesario definir el dispositivo mecánico que se va a utilizar para inflar y desinflar la pieza que simulará su transformación a un organismo vivo; por otro, hay que calcular el diseño de la instalación geométrica de la pieza. En la entrevista realizada por la editora Suzan Sherman, para la *New York Foundation of Arts*, el artista explica la dificultad de resolver matemáticamente la estructura de conexión de los tubos, a fin de que el movimiento de su inflado y desinflado respondiese en apariencia a la evolución de un organismo vivo.[276] Mediante la investigación y los cálculos realizados para conseguir el movimiento, MacMurtie ha conseguido oponer las formas desinfladas, orgánicas, a las formas infladas, arquitectónicas.

La obra *Reaction-Difussion Media Wall* (2016), del artista e investigador estadounidense, Karl Sims, es una instalación interactiva, inspirada en la creación de patrones basados en reacciones químicas. La obra fue expuesta en el Museo de la Ciencia de Boston (EE.UU), en abril de 2016. La instalación está formada por una superficie rectangular que agrupa 24 pantallas de alta resolución, que muestran la imagen de un patrón orgánico complejo, generado por ordenador, que combina dos colores (azul y blanco) para simular dos

[276] Sherman, S. (el 26 de mayo, 2010). An Interview with Chico MacMurtrie by Suzan Sherman. *NYFA Current.* New York Foundation of Arts. Recuperado de: http://current.nyfa.org/post/73236952950/an-interview-with-chico-macmurtrie-by-suzan. (Consultado el 16.02.2018). "All the connections had to be figured out mathematically. All the holes had to be drilled in those balls at the right angle."

productos químicos. La obra está conectada a una pantalla táctil interactiva de acceso abierto al público (figura 198).

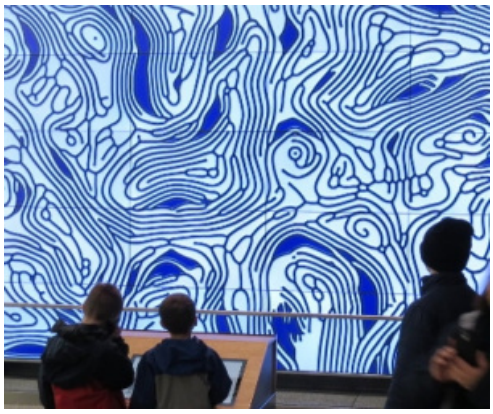


Figura 198. Karl Sims, *Reaction Difusion Media Wall* (2016). Fuente: www.karlsims.com

A través de la pantalla táctil, los observadores tienen la oportunidad de cambiar diferentes parámetros que definen la morfología de la pieza. De este modo, influyen en tiempo real en el aspecto visual de la imagen. El usuario interviene seleccionando la forma de la geometría del patrón a reproducir, el tamaño y la orientación de sus elementos. La propuesta del artista consiste en comenzar la interacción eligiendo un patrón preestablecido entre varios proporcionados por el autor, y reiniciar la imagen para empezar a partir de una pantalla blanca. (Figura 199).

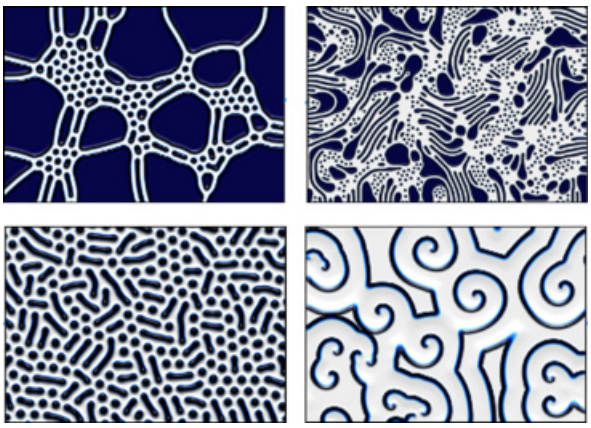


Figura 199. Karl Sims, *Reaction Difusion Media Wall* (2016). Patrones. Fuente: www.karlsims.com

El proyecto *The Evolving Wallpaper* (2011-2014), de la artista estadounidense Natalie Settles, es una proyección digital interactiva a gran escala que muestra las estructuras repetitivas formadas por diferentes elementos gráficos en blanco y negro. Estas estructuras tienen un aspecto similar tanto a los motivos victorianos, caracterizados por una multitud

de formas, como a los organismos vivos que evolucionan. Tocando la superficie de la pared donde se proyectan las formas, los espectadores provocan la evolución de las formas seleccionadas. Las formas elegidas mayoritariamente por los espectadores, empiezan a reproducirse en nuevas estructuras formadas a partir de las formas en blanco y negro (figura 200). Gracias a la tecnología de los sensores infrarrojos, que rastrean los movimientos de las personas, se hace posible que el público interactúe con la obra y acelere la evolución de las formas proyectadas. El proyecto fue desarrollado en colaboración con el biólogo evolutivo Stephen Tonsor y un equipo de quince científicos del Tonsor Laboratory, de la *University of Pittsburgh* (EE.UU). El trabajo desarrollado en el laboratorio está dedicado a la biodiversidad y a la evolución de las especies botánicas. En concreto, se investigan los mecanismos de adaptación de la especie de plantas *Arabidopsis thaliana* a los cambios del clima (la disponibilidad del agua y la temperatura). Las proyecciones de la artista están centradas en los mecanismos de adaptación de los patrones que responden a la arquitectura del sitio en que son exhibidas y al comportamiento de los espectadores.[277] La realización de la obra ha sido financiada por la Fundación Nacional de la Ciencia, la Fundación de Pittsburgh y por la organización *The Heinz Endowments* de Pittsburg (EE.UU).

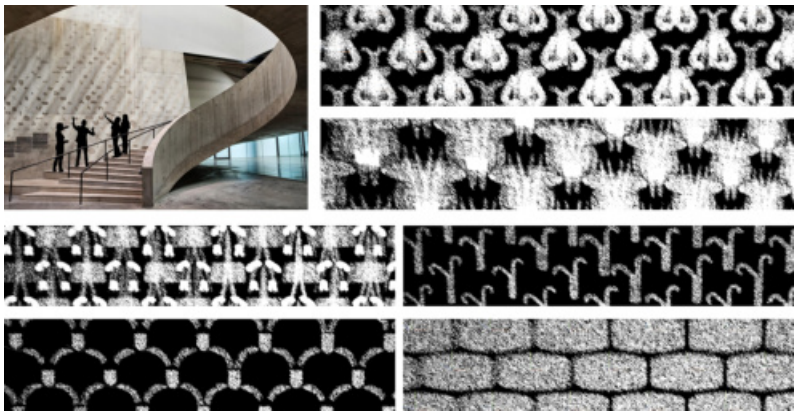


Figura 200. Natalie Settles, *The Evolving Wallpaper*, proyección digital interactiva (2011-2014). Simulación virtual de imagen general y de variaciones de patrones. Fuente: nataliesettles.com

El artista noruego Marius Watz, crea patrones a partir de sistemas generativos codificados generados por ordenador. Se han seleccionado en esta tesis dos obras de Watz para su análisis. Ambas han sido producidas en técnicas distintas y se basan en el mismo interés de la creación de patrones.

[277] O'Toole, C. (2014). Here's a 21st-century portrait of a young artist. *h Magazine. The Magazine of The Heinz Endowments*, pp.24-26. Recuperado de: http://www.heinz.org/userfiles/library/2014_issue2_complete2.pdf (Consultado el 24.04.2020). Pág. 25. "Steve examines change within plant populations [in response] to the particularities of a site over time," Settles explains. "My wall drawings respond to site architecture and viewer traffic—essentially the particular conditions of a space over time, and how viewers respond to the work."

La serie *Arc Surf Drawings* (2012) está formada por seis dibujos de apariencia orgánica, creados mediante un dispositivo láser sobre un tablero de fibra de densidad media, de 20 × 30 cm (figura 201). Los dibujos muestran un núcleo central situado en diferentes partes de la superficie y un conjunto de líneas onduladas que crecen desde este punto hasta los límites de la superficie. El trayecto de las líneas crea patrones concéntricos que se unen entre sí de forma continua (Figura 202).



Figura 201. Marius Watz, *ArcSurf*, dibujo con láser, 20 x 30 cm (2012). Fuente: mariuswatz.com



Figura 202. Marius Watz, *ArcSurf*, dibujo con láser, 20 x 30 cm (2012). Detalle. Fuente: mariuswatz.com

La serie de obras *Ucracking* (2014) presenta patrones generados en el terreno del arte generativo. Para su creación, Watz utilizó elementos visuales basados en algoritmos de subdivisión, conocidos como "algoritmo *cracking*". Es un método que se utiliza para describir matemáticamente la fragmentación de superficies mediante ecuaciones diferenciales. Esta técnica se utiliza especialmente en el análisis del crecimiento de grietas. En este proyecto se implementa una técnica geométrica basada en la triangulación sucesiva de una superficie. El artista aplicó los algoritmos de subdivisión a mallas de triángulos 2D / 3D, y utilizó colores fríos con tonos morados y azules (figura 203).

En el artículo *Overcoming Manual Inadequacy: An Interview With Marius Watz* (2010), sobre la obra de Watz, publicado por la directora de la plataforma cultural NEW INC del *New Museum* en Nueva York, Julia Kaganskiy, se describe el método aleatorio que utiliza el artista en sus algoritmos. Watz valora como un elemento emocionante esta incertidumbre presente en su obra.[278]

En la entrevista realizada por el artista Thomas Petersen para la plataforma danesa *Artificial* (2001-2007), donde se publican artículos y se visibilizan actividades y obras de artistas relacionadas con el arte generativo, Watz reflexiona sobre el proceso del arte generativo. Lo

[278] Kaganskiy, J. (el 12 de agosto, 2010). Overcoming Manual Inadequacy: An Interview With Marius Watz. *Vice, Creators*. Recuperado de: https://creators.vice.com/en_uk/article/4x47bw/overcoming-manual-inadequacy-an-interview-with-marius-watz (Consultado el 26.11.2018). "Everything is carefully calculated, coded and pre-defined, yet with any generative work there's always an element of uncertainty—and that's what makes it exciting."

describe como una práctica artística en la que el artista genera un sistema basado en un conjunto de reglas relacionadas entre sí que producen una serie de resultados visuales, entre los que el artista selecciona aquellos que considera significativos para convertir en obras de arte.[279]

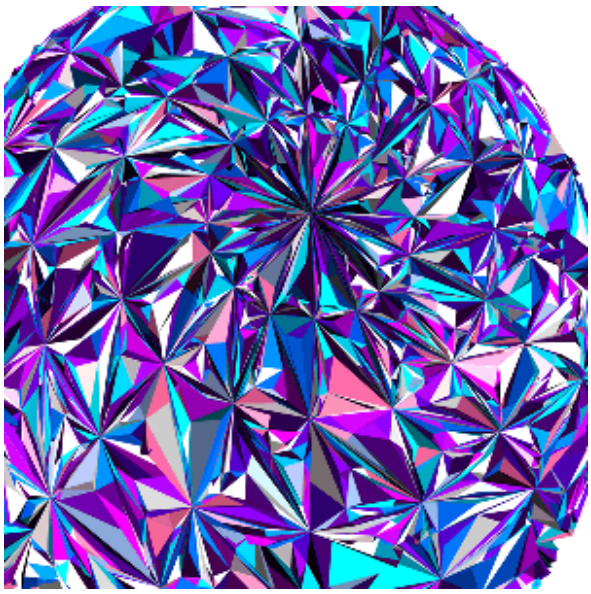


Figura 203. Marius Watz, *Ucracking*, imagen generativa (2014).
Fuente: mariuswatz.com

[279] Petersen, T. (el 20 de septiembre, 2005). Generative Art Now**.** An Interview with Marius Watz. *Artificial*. Recuperado de: http://www.artificial.dk/articles/watz.htm (Consultado el 26.11.2018). "Generative art describes a strategy for artistic practice, not a style or genre of work. The artist describes a rule-based system external to him/herself that either produces works of art or is itself a work of art."

5.8. Ecosistemas bio. Materia orgánica en el entorno real y virtual

La vida se puede comprender como un conjunto de propiedades físicas y funcionales de animales y plantas que distinguen la materia orgánica de la inorgánica.[280] Este fenómeno ha sido de interés en la creación artística y expresado a través de la necesidad de interpretar las propiedades de la vida, el crecimiento, la reproducción, la actividad funcional y el cambio continuo que precede a la muerte en el ciclo vital del ser humano. Los aspectos de la vida son variados y pueden ser tratados por los artistas desde diferentes puntos de vista. Desde las interpretaciones del cuerpo humano y la vida cotidiana a través de la inclusión de animales y plantas en las obras artísticas, hasta la creación de la vida en los laboratorios a partir de los cultivos celulares. En este proyecto se van a analizar obras que incluyen la presencia de organismos vivos en la producción artística en la esfera real o digital, por un lado, y la creación de la vida en los laboratorios, por otro.

5.8.1. Repositorios sistematizados de material biológico. Registros gráficos históricos de información biológica

La presencia de organismos vivos en la creación artística tiene su origen en los principios del siglo XX. Salvador Dali usó caracoles vivos en su obra *Rainy Taxi* (1938); Jannis Kounellis expuso doce caballos vivos en la *Galleria l'Attico*, en Roma, en 1969; Joseph Beuys se encerró en el espacio de la *Rene Block Gallery,* en Nueva York, con un coyote, en 1974 (figura 204).

En el año 1997, el artista brasileño Eduardo Kac, creó el término *BioArt* para describir un nuevo campo artístico que utiliza la biología molecular y la biotecnología para la creación artística. Según Kac, este tipo de proyectos supone el uso de cultivos bacterianos, cultivos de tejidos vivos, manipulación genética, transformaciones morfológicas de los organismos estudiados o construcciones biomecánicas.[281] El género del BioArt ha tenido un gran impacto en los artistas contemporáneos del siglo XXI.

---

[280] Life (sin fecha). En: *Oxford Living Dictionaries*. Recuperado de: https://en.oxforddictionaries.com/definition/life. (Consultado el 15.04.2019). "The condition that distinguishes animals and plants from inorganic matter, including the capacity for growth, reproduction, functional activity, and continual change preceding death."

[281] TEDx Talks (el 1 de diciembre, 2015). *What if art could truly create biological life? | Eduardo Kac | TEDxVienna*. Recuperado de: https://www.youtube.com/watch?v=IS_5WJteCC8. (Consultado el 10.01.2019). "BioArt names a new field, a new art form, that employs molecular biology and biotechnology in general to produce artworks. Artworks that explore life, artworks that change life, artworks that engage with the material processes of life and also artworks that create new life."



Figura 204. De izquierda a derecha y de arriba abajo: Salvador Dali, *Rainy Taxi* (1938), caracoles vivos; Joseph Beuys *I Like America and America Likes Me* (1974), performance con coyote; Jannis Kounellis *Untitled* (*Cavalli*) (1969), instalación con doce caballos vivos. Fuente: www.artnet.com, www.wikiart.org y uk.phaidon.com

5.8.2. Estudio de casos. Concepto de la vida y sus propiedades en la creación artística

Los proyectos de arte contemporáneo seleccionados para el análisis, tratan el concepto de "vida" usando distintos procesos y estrategias. Algunos de ellos incluyen organismos vivos; otros, organismos virtuales creados con el ordenador. Algunos procesos creativos implican el uso de la tecnología de impresión 3D. Otros se desarrollan en instalaciones científicas y utilizan las herramientas y las técnicas de la ciencia. La tecnología utilizada como medio de producción artística integra los conocimientos y los saberes artísticos y científicos.

Los proyectos seleccionados se analizan divididos en tres grupos, según la forma en la que interpretan los aspectos de la vida. El primer grupo incluye a artistas que generan la vida virtual con el ordenador, creando organismos digitales con capacidad de crecer, reproducirse y morir. El segundo grupo incluye artistas que crean hábitats artificiales donde sitúan organismos vivos (ratones y cangrejos). El tercer grupo está dedicado a artistas que crean vida artificial en los laboratorios a partir de cultivos bacterianos y celulares.

1. Generación del ciclo de la vida virtual en el contexto digital-virtual. Christa Sommerer/Laurent Mignonneau y Karl Sims

El proyecto *Phototropy* (1995), de Sommerer y Mignonneau, es una instalación interactiva que trata el tema de la importancia de la luz para el crecimiento de los organismos vivos. La instalación se encuentra en un espacio cerrado, oscuro, con paredes de color negro, una de ellas alberga una pantalla. Un proyector suspendido del techo proyecta sobre ella la imagen de un nido redondo, con huevos de insectos voladores, y de plantas virtuales. Los espectadores pueden interactuar con la pantalla a través de una linterna, disponible en el espacio. Dirigiendo la linterna hacia el nido mostrado en la pantalla, el espectador hace que los huevos iluminados inicien su proceso vital: nacimiento, crecimiento, reproducción y muerte (figura 205). Los insectos voladores de color amarillo claro aparecen en forma de puntos luminosos. La forma de los huevos desaparece y los insectos empiezan a volar. Dirigiendo la luz hacia ellos, el espectador hace que los insectos aumenten su tamaño. Moviendo la luz, el espectador consigue que los insectos vuelen lentamente siguiendo su trayectoria.

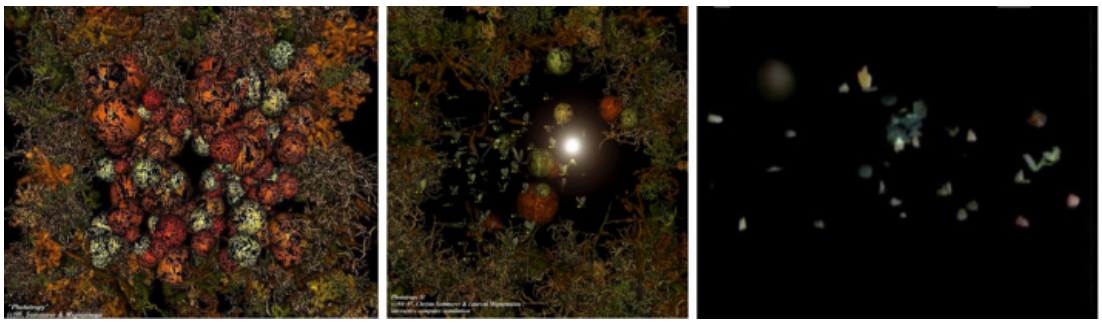


Figura 205. Christa Sommerer y Laurent Mignonneau, *Phototropy*, instalación interactiva (1995).
Fuente: www.interface.ufg.ac.at y www.youtube.com

La luz alimenta y contribuye al crecimiento y reproducción de los insectos virtuales. Al mover el punto de luz a diferentes partes de la pantalla, los insectos la siguen, tratando de alcanzar su punto focal.[282] Al desaparecer la luz, desaparecen los organismos también. En el caso de que la luz resulte excesiva, los organismos se queman y su número disminuye. El espectador es responsable, de este modo, de la evolución de los insectos virtuales.

[282] Sommerer, C., Mignonneau, L. (2012). Wonderful Life: Interactive Art by Sommerer & Mignonneau. En: Kluszczynski, R.W., Zawistowska-Toczek, D. y Anessi, T. (Eds.) *Wonderful Life. Laurent Mignonneau + Christa Sommerer*. Art+Science Meeting. pp. 134-163. Laznia Centre for Contemporary Art, 14 May-24 June 2012. National Centre for Culture, Gdansk, Poland.Pág. 148. "The creatures follow every movement the visitor makes with the lamp's beam in order to obtain the maximum amount of light nutrition."

El mecanismo técnico de la obra está definido por un sistema de proyección de luz (la linterna) y un sistema de detección de su posición y su distancia con respecto a la pantalla. La obra vincula las acciones simples del espectador en tiempo real con las reacciones complejas de los organismos virtuales. Describe la dependencia de un ecosistema virtual con las acciones simples del espectador. La luz es una herramienta que genera la vida y la muerte de un organismo vivo.[283]

La instalación interactiva *Galapagos* (1997), del artista estadounidense Karl Sims, aborda el tema del proceso evolutivo de las especies. El artista coloca doce soportes en forma de prismas rectangulares, de alturas distintas, en un espacio cerrado, de modo que formen un semicírculo. Sobre cada uno de los soportes se encuentra una pantalla de ordenador, que muestra unas formas abstractas tridimensionales de diferentes colores sobre un fondo de color uniforme. Estas formas representan a los organismos vivos simulados y no responden a ningún ser vivo concreto de naturaleza conocida.

Enfrente de cada pantalla y soporte, aproximadamente a un metro de distancia, se sitúa un sensor de presión, de forma rectangular y color negro. Los sensores están conectados a los soportes correspondientes mediante un cable que forma una línea recta (figura 206).

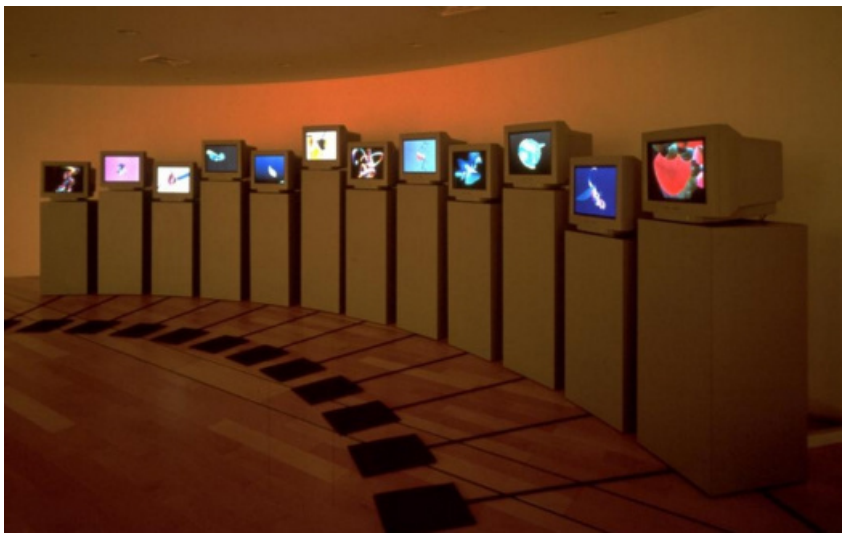


Figura 206. Karl Sims, *Galapagos*, instalación interactiva (1997). Fuente: www.nttcc.or.jp

[283] Ozóg, M. (2012). Life in a Post-biological World. The Methodology and Praxis of Artificial Life in the Works of Christa Sommerer and Laurent Mignonneau. En: Kluszczynski, R.W., Zawistowska-Toczek, D. y Anessi, T. (Eds.) *Wonderful Life. Laurent Mignonneau + Christa Sommerer*. Art+Science Meeting. pp. 24-57. Laznia Centre for Contemporary Art, 14 May-24 June 2012. National Centre for Culture, Gdansk, Poland. Pág. 38. "The beam of a flashlight determines their existence, and when used the wrong way, results in the devastation of the ecosystem. A tool used for creation can in an instant change into the cause of destruction."

El mecanismo de la instalación consiste en la interacción de los visitantes con los organismos presentes en las pantallas al colocarse aquellos sobre los sensores de presión. Cuanto más tiempo pase el visitante posicionado encima del sensor, más crece y se reproduce el organismo virtual en la pantalla elegida. Al abandonar el sensor el visitante, los organismos dejan de desarrollarse. La obra se ha inspirado en la idea de la selección natural como mecanismo para la evolución de las epsecies propuesta por Charles Darwin. Al visitar las Islas Galápagos en 1835, Darwin observó diferentes especies de pájaros, algunos de ellos se denominaron con el nombre común de "pinzón de Darwin" debido a la similitud que guardaban entre sí. Todos ellos son de tamaño similar, y las diferencias más importantes radican en la forma y el tamaño del pico, que varía dependiendo de su adaptación a los diferentes alimentos disponibles en su hábitat. Darwin llegó a la conclusión de que la selección natural implicaba que los individuos mejor adaptados a su entorno sobrevivían y, así, transmitían la herencia de sus exitosas características a su descendencia. El resultado de la selección natural es la adaptación de algunas especies a los hábitats y la extinción de aquellas que fracasaban en su proceso de adaptación. En el caso de la obra de Sims, el proceso evolutivo de los organismos virtuales está determinado por el visitante. La selección natural y la supervivencia de las especies en las pantallas dependen del atractivo estético de los organismos virtuales. Los visitantes se sitúan encima de los sensores conectados a las pantallas que muestran aquellos organismos elegidos según su gusto personal. Los organismos virtuales estéticamente más atractivos crecen y se reproducen expandiéndose sobre la pantalla. Los organismos estéticamente menos atractivos desaparecen. En su lugar se generan nuevas formas y se inicia un nuevo ciclo vital. El proceso evolutivo que propone el artista incluye una mezcla de formas y colores distintos controlada por el ordenador y elegida de forma aleatoria. El resultado es la creación de la vida artificial de una variedad de especies virtuales (figura 207).

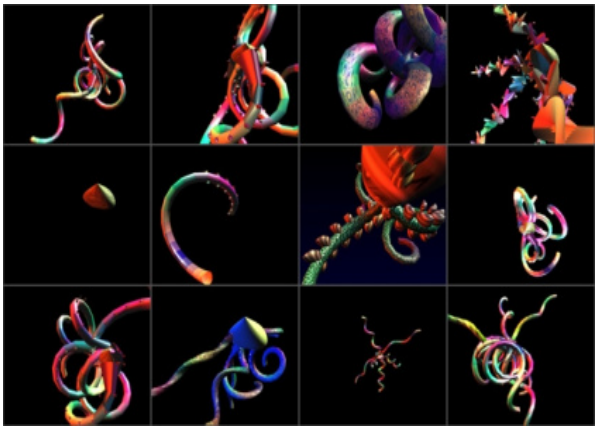


Figura 207. Karl Sims, *Galapagos*, instalación interactiva (1997). Organismos sintéticos creados con formas y colores aleatorios. Fuente: karlsims.com

La instalación *Galapagos* fue expuesta en 1997 en el Centro de Intercomunicación (ICC), en Tokio (Japón). La propuesta ofrece una visión del proceso evolutivo-selectivo del crecimiento de los organismos virtuales basado en el uso de la tecnología. Implica la generación de un algoritmo genético y el uso de un software gráfico tridimensional.

2. Organismos vivos en entornos físicos manipulados. Gail Wight y Aki Inomata

El proyecto *Recursive Mutations* (2003), de Gail Wight, se compone de una serie de gráficos-descargados de Internet e impresos sobre papel de arroz- que muestran la información cromosómica del genoma de un ratón. La artista dejó expuestos los gráficos impresos a los ratones vivos durante un determinado período de tiempo, lo que explica el deteriorado aspecto que éstos presentan finalmente (figura 208).

La obra propone una reflexión sobre los dilemas éticos que produce la experimentación biomédica con animales en los laboratorios científicos, en relación al maltrato animal, la realización de experimentos traumáticos y dolorosos, etc. Wight presenta a los ratones como una herramienta. La obra fue expuesta durante la exposición *Raw Material*, en la galería de la organización artística *Grizzly Grizzly*, en Filadelfia (EE.UU), celebrada en 2016.



Figura 208. Gail Wight, *Recursive Mutations*, impresiones sobre papel de arroz intervenidas por ratones, 25,5 x 30,5 cm c/u (2003). Fuente: web.stanford.edu

El proyecto *Why Not Hand Over a Shelter to Hermit Crabs?* (2009-2018), de la artista japonesa Aki Inomata, consiste en el diseño e impresión 3D de conchas de cangrejos

ermitaños de diferentes formas. En el proceso de su desarrollo, al crecer, el cangrejo ermitaño sale de su concha y busca otra más grande. Observando este proceso, Inomata empezó a estudiar la forma de sus conchas, escaneando su estructura por tomografía computarizada, tecnología que utiliza los rayos X para crear imágenes transversales de un objeto. Las conchas están impresas tridimensionalmente con filamento transparente. La artista deja expuestas las conchas a los cangrejos ermitaños y éstos acceden a ocuparlas y habitarlas. La forma transparente de las conchas deja visible al cangrejo dentro de su estructura. Las primeras piezas realizadas por Inomata seguían las formas naturales de las conchas. Las piezas más tardías fueron modificadas, decorando con paisajes urbanos su parte superior (figura 209). De esta manera, la artista simula el "viaje" de los cangrejos por el mundo. En una entrevista para la publicación en línea, *Cool Hunting*, realizada por la autora Carol T. Chung, la artista vinculaba la presencia de los paisajes urbanos asociados a diferentes países y la idea de los "viajes" con la temática de las migraciones y la superación de las fronteras estatales.[284] Inspirada en el concepto de *Tierra de Nadie*, el territorio sin dueños, Inomata basó su proyecto en la situación específica en la que se encuentra el terreno de la antigua Embajada de Francia en Japón, que cambia de propiedad (Francia-Japón/Japón-Francia) cada 50 años. La artista asocia esta imagen con el cambio de refugio que realizan los cangrejos ermitaños al ocupar pacíficamente las conchas, de modo parecido al intercambio del territorio de la embajada realizado entre ambos países.[285]



Figura 209. Aki Inomata, *Why not hand over a shelter to hermit crabs?*, impresión 3D (2009-2017). Fuente: lucklife.cc

[284] Chung, C.T. (el 20 de abril, 2015). Artist Interview: Aki Inomata. *Cool Hunting*. Recuperado de: https://coolhunting.com/culture/artist-interview-aki-inomata/. (Consultado el 06.02.2018). "And one of the things that inspired me was to create something that could continue to overcome state boundaries and something that was more global and international, not limited by a certain country."

[285] Inomata, A. (sin fecha). *Why Not Hand Over a "Shelter" to Hermit Crabs?* Aki Inomata. Recuperado de: http://www.aki-inomata.com/works/hermit/. (Consultado el 20.12.2016). "A piece of land is peacefully exchanged between two countries. While it is the same piece of land, our definition of it changes. In the same way, the appearance of hermit crabs changes completely as they exchange shelters."

3. Sistemas bacterianos y celulares. Mecanismos, automatismos y bio-robots. Ken Rinaldo, Paul Vanouse, Joe Davis, Anna Dumitriu, Ionat Zurr/Oron Catts y Guy Ben-Ary

El tercer grupo de obras seleccionadas incluye las que responden al título de *BioArt* y recogen la creación artística con colonias bacterianas o cultivos celulares. Los artistas de este grupo adoptan métodos y técnicas científicas, a menudo trabajan en colaboración con los científicos en sus laboratorios y tienen un conocimiento profundo sobre los materiales y las técnicas de la ciencia.

El proyecto *Borderless Bacteria/Colonialist Cash* (2017), del artista estadounidense Ken Rinaldo, fue realizado mediante el cultivo de microbios recogidos en billetes. El artista recolectó billetes de varias partes del mundo en el aeropuerto de Lisboa (Portugal). Los billetes fueron colocados en un recipiente con agar-agar, una sustancia gelatinosa obtenida de algas que se usa como soporte de cultivos en microbiología. Tras dos semanas, aparecieron resultados visibles de los cultivos bacterianos que crecieron sobre estos billetes. Los resultados fueron fotografiados y documentados, y los cultivos, sellados y destruidos (figura 210). El proyecto fue desarrollado en el laboratorio de *Cultivamos Cultura*, en São Luis (Portugal), una organización dedicada a la relación entre arte y biología. El nombre del proyecto hace referencia a la colonización de América llevada a cabo por los europeos. Los microbios se presentan en forma de nuevos colonizadores que se mueven con facilidad por el mundo a través del dinero.



Figura 210. Ken Rinaldo, *Borderless Bacteria-Colonialist Cash,* placa de Petri con billete de yuan chino y de dólar estadounidense con bacterias, hongos y virus en agar-agar (2017). Fuente: www.kenrinaldo.com

El proyecto *Labor* (2014-presente) es una instalación del artista estadounidense Paul Vanouse. La obra consiste en dos tanques grandes de fermentación con capacidad superior a 300 litros. Cada tanque contiene un mecanismo de regulación de la temperatura y mezcladores motorizados. Dentro de los contenedores, el artista cultiva dos tipos de bacterias presentes en la piel humana y responsables del olor característico de la sudoración: la *Staphylococus epidermis* y la *Propioni bacteria*. Este olor, provocado por las bacterias, llena el espacio al salir de los tanques a través de unas mangueras cubiertas con filtros estériles que previenen que los microorganismos salgan o entren (figura 211). Partiendo de la idea de que el olor no es una característica personal del individuo, sino que está provocado por microorganismos, Vanouse quiere redefinir lo que constituye el ser humano, teniendo en cuenta el papel de los microbios en nuestros cuerpos. El proyecto reflexiona sobre los cambios generados por la sociedad industrial, en la que los microbios son empleados en una amplia gama de productos (alimentos, bebidas, productos farmacéuticos, etc.) cambiando así el concepto de "explotación".



Figura 211. Paul Vanouse, *Labor*, instalación con cultivo bacteriano (2014-presente).
Fuente: www.paulvanouse.com

La obra *Bacterial Radio* (2012), del artista estadounidense Joe Davis, presenta una serie de circuitos eléctricos construidos con cultivos bacterianos genéticamente modificados mediante una proteína derivada de esponjas marinas. El conjunto consiste en un sistema de radio capaz de recibir transmisiones de radio AM. El proyecto fue desarrollado en el *Wyss Institute for Biologically Inspired Engineering* y el *George Church Laboratory* de la

Harvard University de Boston (EE.UU), en colaboración con los biólogos moleculares Tara Gianoulis e Ido Bachelet. La *Bacterial Radio* fue ganadora del primer premio del Festival *Ars Electrónica* de Linz (Austria), *Golden Nica*, en la categoría de Arte Híbrido, en 2012.

El artista comenzó cultivando células de la bacteria *Escherichia coli*, genéticamente modificadas con un gen de la esponja marina (*Tethya aurantia*). El gen denominado *silicateina* es una proteína presente en las esponjas marinas. Las bacterias fueron fijadas con gel de polidimetilsiloxano (PDMS), polímero orgánico constituido por silicio pero carente de las propiedades conductoras de este elemento. Davis utiliza sales metálicas, polimerizadas con silicateina, que resultan ser excelentes conductoras de electricidad. De este modo, consigue implementar características eléctricas en los cultivos bacterianos. Para conectar los elementos del circuito integrado en el gel, Davis utiliza clavijas y cables. Conectando el circuito a los componentes externos, auriculares telefónicos de alta impedancia y antenas, el artista consigue reproducir sonido a través de las emisiones AM de radio (figura 212).

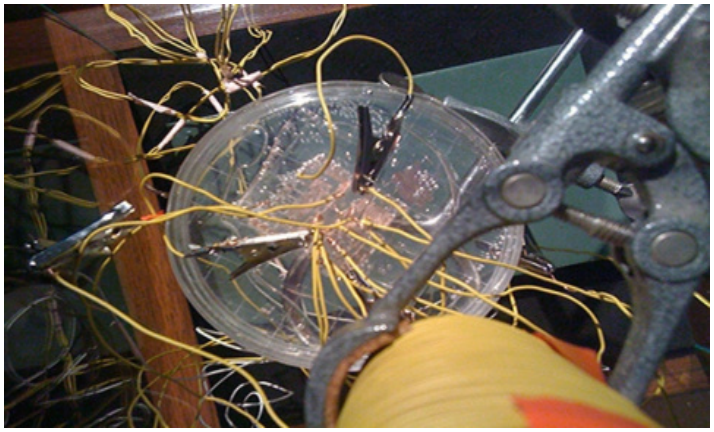


Figura 212. Joe Davis, *Bacterial Radio* (2012). Fuente: www.clotmag.com

La artista inglesa Anna Dumitriu trabaja también con cultivos bacterianos. Desde el año 2010 participa como artista en residencia en el proyecto *Modernising Medical Microbiology*, organizado por la *University of Oxford* (Reino Unido). El objetivo de su trabajo allí es desarrollar la estética de la investigación microbiológica y acercarla al público. El análisis incluye tres proyectos realizados por Dumitriu:

1. *MRSA Quilt* (2012) es un edredón elaborado a partir de cortes cuadrados de tela de algodón contaminados con la bacteria *Staphylococcus aureus*, extraída de la misma nariz de la artista. Las piezas están tintadas de color azul, con diferentes patrones blancos, y están cosidos a máquina con líneas irregulares del mismo tono azul (figura 213).



Figura 213. Anna Dimitriu, *MRSA Quilt*, tela de algodón teñida con cultivos bacterianos (2012). Fuente: annadumitriu.co.uk

En la realización de la obra, Dumitriu utilizó agar cromogénico para cultivar las bacterias, un medio de cultivo utilizado para diferenciar a microorganismos específicos. Gracias al sustrato cromogénico, las colonias de microorganismos se ven de uno u otro color, según el tipo de que se trate. Poniendo la tela en agar cromogénico, la artista consigue impregnarla del color azul producido por el crecimiento de la colonia bacteriana de *Staphylococcus aureus*. Los patrones blancos sobre manchas azules los creó usando diferentes herramientas y técnicas en el tratamiento y diagnóstico de infecciones causadas por esta bacteria. Los patrones incluyen rayas y puntos creados usando pruebas de susceptibilidad a antibióticos y bordados hechos con hilos teñidos con antibióticos naturales.

2. *Romantic Desease* (2014) es un proyecto dedicado a la tuberculosis y su relación con el ser humano. Abarca cinco obras relacionadas con esta enfermedad. Algunas obras son objetos históricos que se utilizaron en el tratamiento de la tuberculosis, aunque intervenidos por Dumitriu. Otras obras implican manipulación con cultivos microbianos y su aplicación a objetos y tejidos. Las obras que componen el proyecto *Romantic Desease* son:

- *Genius Germ* - una cama de muñecas con sábanas teñidas y bordadas con sustancias naturales utilizadas antiguamente como tratamiento para la tuberculosis, y un edredón hecho de tela contaminada por las bacterias (figura 214).
- *Blue Henry* - un recipiente de color azul y un matraz para esputo destinado a los pacientes infectados de tuberculosis (figura 215).



Figura 214. Anna Dimitriu, *Genius Germ*, *Romantic Desease* (2014).
Fuente: www.ascus.org.uk

- *Pneumothorax Machine*, un instrumento usado para el tratamiento de la tuberculosis entre los años 30 y 50, antes del descubrimiento de los antibióticos, con una superficie de madera tallada por la artista imitando la textura del tejido pulmonar (figura 216).



Figura215. Anna Dumitriu,
Blue Henry, *Romantic Desease* (2014)
Fuente: annadumitriu.co.uk



Figura 216. Anna Dumitriu,
Pneumothorax Machine,
Romantic Desease (2014)
Fuente: annadumitriu.co.uk

- *Where there's dust there's danger* - una serie de pulmones de formato pequeño, hechos de lana, y que contienen polvo impregnado por el ADN extraído de la bacteria *Mycobacterium tuberculosis* (figura 217).
- *Burden* - una escultura en forma de pulmones, elaborada con piedra tallada, hueso de fruta y raíz de la planta rubia roja (usada en el tratamiento de la tuberculosis), toda ella impregnada por el ADN de la bacteria responsable de la enfermedad (figura 218).



Figura 217. Anna Dimitriu, *Where there's dust there's danger*, *Romantic Desease* (2014). Fuente: artlaboratory-berlin.blogspot.com



Figura 218. Anna Dimitriu, *Burden*, *Romantic Desease* (2014). Fuente: annadumitriu.co.uk

El proyecto *Microbe Mouth* (2016) tiene la forma de un collar primitivo compuesto de dos filas de elementos blanquecinos con un aspecto de dientes (figura 219). Los "dientes" están hechos cultivando la bacteria *Serratia*, una bacteria resistente a muchos antibióticos, y que es capaz de sobrevivir en entornos contaminados, incluso radioactivos. Para protegerse, la *Serratia* produce una cubierta mineral en forma del caparazón. Para realizar el proyecto, Dumitriu colaboró con la bioquímica Melissa Grant y con la microbióloga Rachel Sammons de la Escuela de Odontología de la *University of Birmingham* (Reino Unido).



Figura 219. Anna Dimitriu, *Microbe Mouth* (2016). Fuente: annadumitriu.co.uk

El equipo cultivó la bacteria *Serratia* en forma de dientes, aplicando el resultado a un collar a modo de colgantes. El proyecto *Microbe Mouth* fue creado para la exposición *Mouthy*, organizada por la *Science Gallery London*. Fue expuesto en 2016 en el *King's College* de Londres (Reino Unido). El equipo realizó una serie de talleres abiertos al público general. Los participantes crearon sus propios dientes de cerámica de forma exclusiva, utilizando esmaltes derivados de varias especies bacterianas presentes en la boca humana, y que son causantes de caries y de diferentes enfermedades de las encías.

The Tissue Culture & Art Project (1996 – presente) es un proyecto de los artistas-investigadores Ionat Zurr y Oron Catts, dedicado al uso de las tecnologías de cultivo de tejidos como medio de expresión artística con el objeto de explorar el concepto de "vida". Los artistas cultivan tejidos celulares en forma de objetos y sin ningún tipo de autonomía, de modo que no pueden vivir independiente de la tecnología asociada. Los objetos creados de esta manera se denominan "organismos semi-vivos" (*semi-living*). No tienen ningún propósito biomédico, representan exclusivamente obras de arte. El director artístico del Centro Cultural de Arte Contemporáneo Laznia, en Gdansk (Polonia), Ryszard W. Kluszczyński, describe sus obras como híbridas e inestables, y desarrolladas en la intersección entre arte, ciencia y ética.[286] Los artistas están interesados en la forma en la que el ser humano concibe la vida, la identidad, y en la explotación de la vida. El proyecto fue desarrollado en su mayor parte en el laboratorio artístico de *SymbioticA* - el Centro de Excelencia en Artes Biológicas de la Facultad de Anatomía y Biología Humana de la *University of Western Australia* – fundado por Catts en el año 2000. El análisis incluye seis obras pertenecientes al proyecto *The Tissue Culture & Art*.

1. *Victimless Leather* (2004) es un prototipo de una chaqueta en miniatura (aproximadamente 3,5 x 5 cm) sin costuras, creada con tejido vivo celular. Los artistas cultivaron una mezcla de células de ratón y células óseas humanas en un biorreactor, un entorno artificial, un cuerpo sustituto que mantiene un ambiente biológicamente activo. Usaron un polímero biodegradable, el ácido poliglicólico, como base de la obra. Lo cubrieron, al inicio, con células de ratón para formar un tejido conectivo, para luego añadirle células óseas humanas y así crear un tejido más fuerte. Al degradarse el polímero, el resultado dejó el tejido al descubierto, que conserva su característica forma de chaqueta.

El biorreactor utilizado en este proyecto fue hecho a medida y tiene la estructura de una bomba de perfusión de órganos (diseñada para preservar los órganos y mantenerlos con

[286] Kluszczyński, R.W. (2012). Introduction. En: Zawistowska-Toczek, D., Anessi, T. and Moran, M. (Eds.) *Crude Life. The Tissue Culture & Art Projects. Oron Catts + Ionat Zur.* Art+Science Meeting. pp. 7-15. Laznia Centre for Contemporary Art, 30 March – 22 April 2012. National Centre for Culture, Gdansk, Poland. Pág. 15. "Artistic creation turns out to be … an ethical reflection on the world of human cognition, knowledge, abilities, and on the world of social values."

vida) inspirada en un diseño de los años 30, del biólogo y médico Alexis Carrel, y del aviador e ingeniero Charles Lindbergh. Tiene un sistema de goteo automático que alimenta las células (figura 220). El material creado tiene la textura del cuero y se propone como una alternativa a las prendas hechas de cuero tradicional. Los artistas plantean así, preguntas sobre la explotación de los animales por parte del ser humano.[287] La obra fue desarrollada en el laboratorio de *SymbioticA* en colaboración con el profesor Arunasalam Dharmarajan, de la Escuela de Anatomía y Biología Humana, y con la empresa *Verigen,* de Perth, dedicada a la ingeniería de tejidos para aplicaciones clínicas.

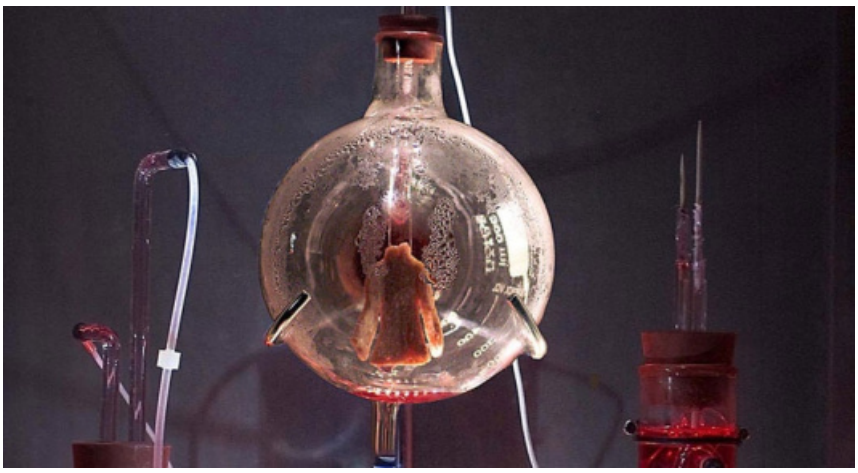


Figura 220. Ionat Zurr y Oron Catts, *Victimless Leather*, *The Tissue Culture and Art Project* (2004).
Fuente: tcaproject.net

2. *NoArk* (2007) muestra una especie de cajón de sastre fabricado a partir de un contenedor cuboide de metacrilato, dispuesto verticalmente sobre un soporte giratorio. El contenedor está dividido en tres secciones: la parte superior es totalmente transparente; la central e inferior, azul y roja, respectivamente, también permiten ver a través de ellas por ser semitransparentes. En el interior del conjunto se encuentra un biorreactor, el sistema que se encarga de mantener un ambiente biológicamente activo, y una colección de especímenes de animales muertos y preservados (pájaro, conejo, ratón, cerdo, murciélago, etc.), así como una masa de células vivas y de tejidos de las especies animales citadas. Todos los componentes rotan juntos en el espacio expositivo (figura 221).

[287] Catts, O. and Zurr, I. (sin fecha). *Victimless Leather- A Prototype of Stitch-less Jacket grown in a Technoscientific "Body"*. The Tissue Culture & Art Projects. Recuperado de: http://www.tca.uwa.edu.au/vl/vl.html. (Consultado el 16.07.2017). “We see our role as artists as one in which we are providing tangible example of possible futures, and research the potential affects of these new forms on our cultural perceptions of life.”

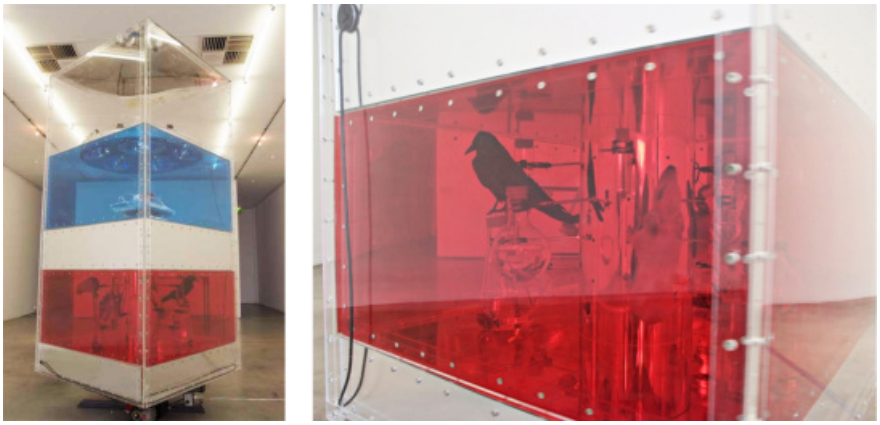


Figura 221. Ionat Zurr y Oron Catts, *NoArk*, *The Tissue Culture and Art Project* (2007)
Fuente: www.artisttalk.eu y www.tca.uwa.edu.au

Los artistas usaron material celular procedente de bancos de tejidos, laboratorios, museos y otras colecciones. El contenido de la obra presenta una mezcla de representaciones biológicas familiares (los animales disecados) y desconocidas (los tejidos vivos de los animales). La célula tiene prioridad en la obra, representando la unidad básica de vida autoorganizada.[288] De esta manera, Catts y Zurr exploran la crisis taxonómica de las formas de vida creadas a través de la biotecnología. Juntando fragmentos vivos de organismos diferentes, los artistas crean una colección de suborganismos inclasificables. *NoArk* ha sido creada en colaboración con el artista conceptual Marcus Canning, que contribuyó al diseño de la obra. En 2012 fue ganadora del segundo premio VIDA 10.0, concurso internacional de arte y vida artificial celebrado en el Espacio Fundación Telefónica de Madrid (España), entre 1999 y 2014.

3. *Semi-Living Worry Dolls, AKA Tissue Culture and Art(ificial) Womb* (2000) está compuesto por siete figuras en forma de muñecas creadas con tejido vivo. Las figuras tienen un tamaño de, aproximadamente, 10 mm de alto, 7 mm de ancho y 5 mm de profundidad. Están inspiradas en las "muñecas quitapenas", originarias de Guatemala y ciertas partes de México, fabricadas en madera, alambre o barro, con accesorios de algodón y cartón (figura 222). Estos objetos forman parte de la tradición popular, que les atribuye el poder de librar a su propietario de sus preocupaciones diarias.

Catts y Zurr esculpieron las muñecas usando un polímero biodegradable, conocido como *ácido poliglicólico*, material que tiene la capacidad de disolverse y desaparecer. Realizaron la estructura tridimensional a mano y con impresora 3D. Sobre esta estructura básica,

[288] NoArk. Oron Catts y Ionat Zurr (Australia). VIDA 10- Second prize (el 3 de diciembre, 2012). *VIDA. Art and Artificial Life International Awards*. Recuperado de: https://vida.fundaciontelefonica.com/en/project/noark/. (Consultado el 01.03.2018). "Cultured in a medium, abstracted from life as we know it, it is transformed into a synthetic embodiment of life processes and their artificial replication."

cultivaron células procedentes de ratones en una incubadora hasta que llegado el momento tomaron la forma de muñecas. Las muñecas "semivivas" son trasladadas a un biorreactor de microgravedad giratorio que facilita el crecimiento y la reproducción de las células en tres dimensiones (figura 223). Las muñecas están marcadas con las letras A, B, C, D, E, F y H, cada una de estas representa una de las siete preocupaciones seleccionadas por los artistas:



Figura 222. Muñecas quitapenas. Objetos de tradición popular originarios de Guatemala y algunas partes de México. Fuente: upload.wikimedia.org



Figura 223. Ionat Zurr y Oron Catts, *Semi-Living Worry Dolls, The Tissue Culture and Art Project* (2000). Fuente: newatlas.com

- A es para la preocupación por la verdad absoluta (*Absolute truth*);
- B se refiere a la preocupación sobre la biotecnología y las fuerzas que la impulsan (*Biotechnology*);
- C alude al capitalismo y a las corporaciones (*Capitalism*, *Corporations*);
- D a la demagogia y a la potencial destrucción (*Demagogy*, *Destruction*);
- E es la preocupación por la eugenesia, un método para mejorar los rasgos hereditarios humanos mediante procesos selectivos, y por las personas que la practican (*Eugenics*);
- F representa el miedo al miedo en sí mismo (*Fear*);
- H representa el miedo a la esperanza (*Hope*).

La letra G no está incluida. Los artistas la relacionan con la palabra "gen", y los genes están presentes en cada una de las siete muñecas.

El proyecto fue presentado en el festival Ars Electronica de Linz, Austria, en el año 2000, y fue la primera obra con contenido semi-vivo expuesta en una galería de arte.

4. *The Pig Wings* (2000-2001) es una obra inspirada en la expresión "si los cerdos pudieran volar." Consiste en tres conjuntos de alas formadas por células de cerdo. Las células fueron cultivadas sobre ácido poliglicólico, un polímero biodegradable que tiene la capacidad de disolverse y desaparecer. Los tres conjuntos tienen el mismo tamaño (4 x 2 x 0,5 cm) y

fueron cultivados durante aproximadamente nueve meses dentro de un biorreactor, un entorno artificial que tiene la capacidad de mantener un ambiente biológicamente activo. Las alas originales están recubiertas de oro y guardadas en cajas para anillos o pequeñas joyas (figura 224). El proyecto cuestiona la ética de la existencia de objetos semivivos y el transplante de órganos de animales al cuerpo humano. Catts y Zurr fuerzan un contraste entre el título de la obra, que provoca expectativas en el espectador, y el aspecto de la obra, que no cumple con ellas.[289] El proyecto fue desarrollado durante la residencia de los artistas en el Laboratorio de Ingeniería de Tejidos y Fabricación de Órganos en el Hospital General de Massachusetts, en la Escuela de Medicina de la *Harvard University* (EE.UU).



Figura 224. Ionat Zurr y Oron Catts, *Pig Wings*, *The Tissue Culture and Art Project* (2000-2001).
Fuente: tcaproject.net

5. El proyecto *Extra Ear – ¼ Scale* (1997-2007) fue desarrollado en colaboración con Stelarc, artista de performance de Chipre, y Guy Ben-Ary, artista israelí. Consiste en el cultivo de la replica de la oreja del mismo Stelarc, a una escala de 1:4. A partir de un molde de la oreja natural, los artistas crearon una construcción de tamaño reducido usando un polímero biodegradable (ácido poliglicólico). Sembraron la construcción con diferentes tipos de células (de donantes humanos y de ratones) y cultivaron el conjunto en un biorreactor de microgravedad giratorio que fomenta tridimensionalmente el crecimiento y la reproducción celular (figura 225). *Extra Ear – ¼ Scale* derivó en el proyecto *Ear on Arm* (2007) de Stelarc, en que una oreja artificial es implantada en su antebrazo izquierdo (figura 226). En este caso, la oreja es a tamaño real, ya que la realizada en un cuarto de escala no era visualmente adecuada para el desarrollo del proyecto. La oreja fue realizada con un implante biocompatible. Durante un segundo procedimiento quirúrgico dentro del oído, se

[289] Catts, O, and Zurr, I. (2012). Crude Life: the Tissue Culture & Art Projects Retrospective. En: Zawistowska-Toczek, D., Anessi, T. and Moran, M. (Eds.) *Crude Life. The Tissue Culture & Art Projects. Oron Catts + Ionat Zur.* Art+Science Meeting. pp. 92-151. Laznia Centre for Contemporary Art, 30 March – 22 April 2012. National Centre for Culture, Gdansk, Poland. Pág. 124. "Pig Wings deliberately adopted what we refer to as the Aesthetics of Disappointment: people, it was reasoned, would be drawn to see the piece because they believed that flying pigs and other biotechnological amazements will be presented to them. Instead, they are confronted with tiny humble-looking detached wings, made of bone tissue, which will never fly."

insertó un micrófono con la idea de transmitir sonido de forma inalámbrica. De esta manera, los sonidos ambientales alrededor del artista serían transmitidos por Internet.



Figura 225. Ionat Zurr y Oron Catts,
Extra Ear – ¼ Scale, *The Tissue Culture and Art Project*, (1997-2007).
Fuente: www.clotmag.com



Figura 226. Stelarc,
Ear on Arm (2007)
Fuente: stasick.org

El proyecto *CellF* (2015), del artista israelí Guy Ben-Ary, es un instrumento musical, un sintetizador, controlado por una red neuronal creada a partir de células extraídas de su cuerpo. La instalación tiene forma espiral, con cuerpo de metal y aspecto de un instrumento de viento (un helicón o una tuba). Mide 250 x 200 x 200 cm y en su interior contiene sintetizadores modulares e interfaces analógicas, por un lado, y un laboratorio biológico hecho a medida, por otro. De esta manera, la obra tiene la capacidad de mantener los cultivos celulares con vida y ser, a la vez, un instrumento musical funcional (figura 227).

Las células de la piel fueron extraídas del brazo de Ben-Ary y transformadas en células madre pluripotenciales inducidas (*induced Pluripotent Stem* – iPS), células genéticamente reprogramadas para tener la capacidad de generar casi cualquier tipo de tejido. Es decir, este método transforma las células especializadas adultas en una variante equivalente a las células madre, que son capaces de convertirse en cualquier otro tipo de célula corporal (célula de la piel, neurona, etc.) En el caso de *CellF*, las células madre se transformaron en redes neuronales cultivadas en una placa matriz de electrodos múltiples (*Multi Electrode Array* – MEA) que albergaba una rejilla de 8 x 8 electrodos. Los electrodos tienen la

posibilidad de mandar estímulos a las neuronas y registrar las señales eléctricas producidas por éstas. Al exponer las neuronas a la música, los electrodos respondían controlando los sintetizadores y reproduciendo sonidos. El sonido se producía tan solo mediante las neuronas y los circuitos analógicos, sin recurrir a programas informáticos. Se difundía a través de dieciséis altavoces distribuidos en el espacio expositivo.



Figura 227. Guy Ben Ary, *CellF* (2015). Fuente: ooe.orf.at

CellF es un autorretrato biotecnológico de Ben-Ary, inspirado en el deseo incumplido de su adolescencia de convertirse en estrella de rock. Su creación fue apoyada por un equipo de profesionales, compuesto por artistas, ingenieros y científicos. La obra se estrenó en 2015, en Perth (Australia), en colaboración con el músico australiano Darren Moore, que estimuló las neuronas tocando la batería. El sonido provocaba estímulos eléctricos en la red neuronal, la que respondía a través de sintetizadores modulares, creando un sonido descrito por el artista como un sonido post-humano improvisado.[290]

MEART- The Semi Living Artist (2001-2006) es una instalación robótica y biotecnológica interactiva creada por Guy Ben-Ary. Está compuesta de tres partes. Por un lado, contiene un brazo robótico capaz de dibujar en dos dimensiones (figura 228). Por otro, incluye cultivos neuronales de ratones creados en el laboratorio del Instituto de Tecnología de

[290] Ben-Ary, G. (sin fecha). *CellF*. Guy Ben-Ary. Recuperado de: http://guybenary.com/work/cellf/. (Consultado el 19.09.2017). "With *CellF*, the musician and musical instrument become one entity to create a cybernetic musician, a rock star in a Petri dish."

Georgia en Atlanta (EE.UU). El cultivo neuronal representa el cerebro de la obra, mientras que el brazo robótico es su cuerpo. La tercera parte es un software que facilita la comunicación entre las dos primeras partes. El "cerebro" y el "cuerpo" se comunican entre sí en tiempo real a través de Internet, sin necesidad de encontrarse ubicados en el mismo lugar. Las redes neuronales extraídas de ratones se cultivan en una placa matriz de electrodos múltiples (*Multi Electrode Array* – MEA) con una rejilla de 8 x 8 electrodos que manda estímulos y registra la actividad neuronal. El brazo robótico representa la parte expositiva de la obra. Los espectadores son fotografiados por una cámara. El software monitoriza el progreso del brazo robótico y el dibujo, comparándolos con la imagen original tomada por la cámara.



Figura 228. Guy Ben Ary, *MEART-The Semi-Living Artist* (2001-2006). Detalle, parte robótica.
Fuente: guybenary.com

El resultado de esta comparación se disminuye a 64 píxeles (que corresponde al número de electrodos presentes en la placa de neuronas 8 x 8) y se manda al laboratorio de Atlanta en forma de mapa de estimulación para las neuronas. Las señales producidas por las neuronas se analizan y procesan con el software. En base a los datos obtenidos, el ordenador controla el movimiento del brazo robótico. El resultado son los retratos trazados con rotuladores de diferentes colores a partir de las fotografías tomadas del público (figura 229).

Ben-Ary desarrolló *MEART* en el laboratorio SymbioticA de la *University of Western Australia* con el objetivo de proponer un escenario futuro donde se hiciese posible crear entidades con posibilidad de pensamiento y creatividad.[291] MEART fue expuesto en Nueva York (EE.UU), Bilbao (España), Perth y Melbourne (Australia).

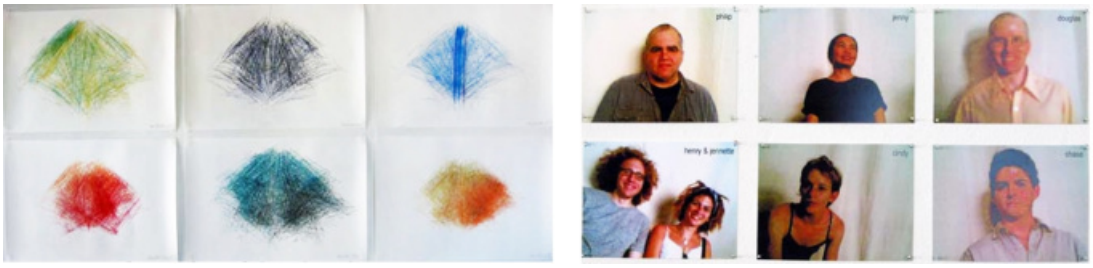


Figura 229. Guy Ben Ary, *MEART-The Semi-Living Artist*(2001-2006). Retratos realizados por un brazo robótico. Cada dibujo representa a una de las persona mostradas en las fotografías. Fuente: guybenary.com

[291] Ben-Ary, G. (sin fecha). *MEART*. Guy Ben-Ary. Recuperado de: http://guybenary.com/work/meart/. (Consultado el 19.09.2017). "MEART is suggesting future scenarios where humans will create/grow/manufacture intuitive and creative "thinking entities" that could be intelligent and unpredictable beings. They may be created by humans for anthropocentric use, but as they will be creative and unpredictable they might not necessarily stay the way they were originally intended."

Capítulo 6

Organizaciones e instituciones público-privadas que fomentan y/o desarrollan los proyectos colaborativos artístico-científicos. Origen histórico, posicionamiento conceptual, estructura organizativa, programación y modelos de financiación

En el sexto capítulo se estudian las organizaciones e instituciones que apoyan la colaboración arte-ciencia-tecnología y que fomentan la interacción y el desarrollo de trabajos colaborativos entre artistas y científicos. Algunas de ellas están vinculadas a universidades, mientras que otras funcionan de manera independiente. Otras ofrecen espacios de exhibición donde exponen los resultados de proyectos artístico-científicos realizados de forma conjunta entre profesionales de distintos ámbitos de conocimiento. Existe también el caso de organizaciones que facilitan el espacio de trabajo, los materiales, las herramientas y el contacto con científicos para desarrollar proyectos arte-ciencia integradores. Con estas tres opciones los artistas tienen la posibilidad de experimentar y realizar sus creaciones usando tecnologías, metodologías y conocimientos científicos.

Este capítulo incluye un análisis cronológico de 43 organizaciones clasificadas por décadas, en cinco grupos, de acuerdo al año de su fundación. Abarca un período que comienza en los años 60 y concluye en el año 2017.

Las organizaciones seleccionadas están ubicadas en diferentes países (Alemania, Australia, Austria, Canadá, EE.UU, España, Francia, Holanda, Irlanda, Reino Unido, Serbia, Suecia y Suiza). Cada una de ellas se analiza desde cuatro puntos de vista: información básica sobre la organización (nombre, país de origen, fundador y vínculo con el sector académico, en su caso); historia de la institución, misión, visión y valores; estructura organizativa, programación y convocatorias; y modelo de financiación.

6.1. Años 60

6.1.1. *Center for Advanced Visual Studies* - CAVS

a.	*País:*	*Año:*	*Fundador:*	*Vínculo académico*:
	EE.UU	1967-2009	György Kepes	*Massachusetts Institute of Technology* (MIT)

b. Historia y misión:

Fue uno de los primeros centros dedicados a los procesos colaborativos entre artistas y expertos del sector científico-técnico. Se desarrolló en el privado *Massachusetts Institute of Technology* - MIT (EE.UU), bajo el nombre de *Center for Advanced Visual Studies (CAVS)*. El centro fue fundado por el artista húngaro György Kepes en la *School of Architecture and Planning* del MIT. Kepes fue el director del CAVS desde su fundación hasta 1974 (figura 230). Sus sucesores fueron el artista alemán Otto Peine (1974-1994), el artista polaco Krzysztof Wodiczko (1994-1996), el ingeniero e inventor del holograma de arco iris Stephen Benton (1996-2003) y, de nuevo, Wodiczko (2004-2009).

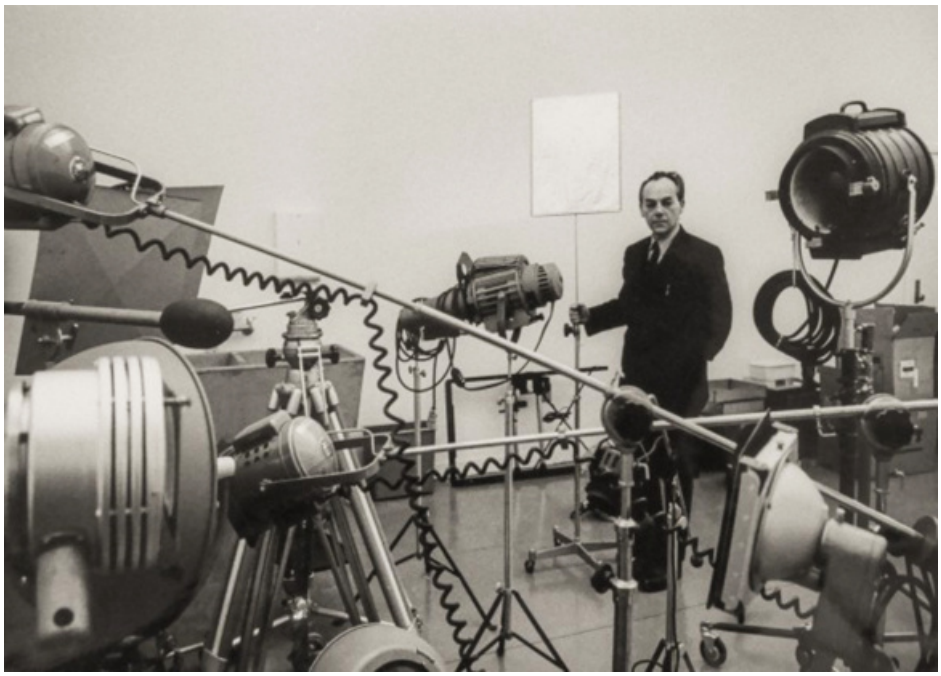


Figura 230. Gyoergy Kepes, *Center for Advanced Visual Studies* (CAVS), MIT, Cambridge, Massachusetts, EE.UU (1967). Fuente: www.hkw.de

Fundando el CAVS, Kepes estableció los siguientes objetivos: proponer el uso de la tecnología como medio artístico; facilitar la interacción de artistas, científicos, ingenieros e industria; expandir la escala de la producción artística a nivel urbano y facilitar la participación del público en los proyectos artísticos. En el artículo *The Visual Arts and Sciences: A Proposal for Collaboration* (1965), Kepes describe la importancia que tiene para la innovación la colaboración entre expertos de diferentes áreas. Sostiene que una comunidad de este tipo se centra en solucionar problemas comunes para todos los campos del conocimiento involucrados y su objetivo consiste en la integración de los conocimientos y las sensibilidades de los participantes.[292]

El centro existió en forma de CAVS hasta el año 2009, cuando se fusionó con otro programa del MIT, el *Visual Arts Program* (VAP), fundado en 1989. El VAP fue creado por el profesor Ed Levine en el Departamento de Arquitectura del MIT con el fin de proporcionar educación artística a estudiantes universitarios del MIT. Al fusionarse en 2009, CAVS y VAP juntos formaron el *MIT Program in Art, Culture and Technology (ACT)*, el programa académico y el centro de práctica artística que existe hoy día.

c. Programación:

1. El CAVS se desarrolló bajo la forma de un programa universitario de becas dirigidas a artistas interesados en usar los nuevos medios para el desarrollo individual de su trabajo y a artistas interesados en el trabajo colaborativo. Ofrecía cursos de grado sobre temas de arte ambiental o performance, así como seminarios titulados *Art, Science and Technology after the Cold War*, *Design, Technology and Ethics: Tactical Design Workshop* y *Ethical Media Art*. En 1974 se fundó el programa *Master of Science in Visual Studies* en colaboración con el Departamento de Arquitectura. Al principio, las becas se otorgaban solamente a artistas internacionales reconocidos. El programa se abrió posteriormente a artistas en todas las etapas de su carrera profesional, así como a investigadores y estudiantes del MIT.

2. El trabajo de los becarios se mostraba a través de diferentes exposiciones y proyectos colaborativos. El *Boston Harbor Project* (1968-1970) fue el primer proyecto realizado por el CAVS e incluyó una serie de obras de arte destinadas a sitios urbanos específicos. En 1970 el centro organizó la exposición *Explorations* en la *Hayden Gallery,* del MIT, y después en la *National Collection of Fine Arts,* de Washington D.C. La exposición reunió

[292] Kepes, G. (1965). *The Visual Arts and Sciences: A Proposal for Collaboration*. En *Daedalus, 94*(1), p.p. 117-134. Recuperado de http://www.jstor.org/stable/20026898. Pág. 123. "The proposed small community, by recognizing common problems of adjoining or related fields, could accomplish the dovetailing of knowledge and feeling, or of knowledge and knowledge. Engineering knowledge could serve to reinforce the insights of artistic sensibilities. The approach and craftsmanship of one artist or designer could serve to complement that of another and lead into new directions."

obras de los primeros becarios de la institución e incluyó esculturas interactivas, instalaciones que usaban tecnología y luz, o eran cinéticas. Entre el año 1972 y 1974, el CAVS organizó una exposición itinerante de obras interactivas y participativas, *Multiple Interaction Team*, que fue inaugurada en el Museo de Ciencia e Industria de Chicago (EE.UU). En 1977 se creó la instalación colaborativa, *Centerbeam*, con motivo de la sexta edición de la exposición quinquenal *Documenta 6*, en Kassel (Alemania). En 1979 se celebró la exposición *5 Artists/5 Technologies* en el *Grand Rapids Art Museum,* en Michigan (EE.UU), y en 1981 *Centervideo,* en el *American Center* de Paris (Francia). Las exposiciones organizadas por el CAVS mostraban el uso de tecnologías de la época (láseres, arte computacional, vapor, neón, vídeo, holografía, etc.) y los medios de producción y exploración artística (vídeo, televisión, nuevos medios).

3. El centro organizaba foros públicos dedicados al arte contemporáneo y a la sociedad. El primer evento de este tipo fue el *Symposium on Science and Art* (1968) organizado en colaboración con el *Center for Theoretical Physics* del MIT. Desde el evento *Sky Art Conferences* (1981), organizado bajo la dirección de Otto Peine, los eventos incluyeron paneles de discusión, así como performances y la producción de obras de arte ecológico.

d. Fincanciación:

El programa académico de hoy, *MIT Program in Art, Culture and Technology (ACT)*, está financiado por el *Center for Art, Science & Technology* (CAST) del MIT, el premio de la escuela de *Humanities, Arts and Social Sciences* (HASS), el *Council for the Arts at MIT* (CAMIT), el *MIT International Science and Technology Initiatives (MISTI),* la Fundación Reed, la Fundación Kaplan, la empresa Mediafon, el Lewben Art Fund de Lituania, así como por ayudas de antiguos alumnos u otras aportaciones particulares.

6.1.2. *Exploratorium*

a.	*País:*	*Año:*	*Fundador:*	*Vínculo académico*:
	EE.UU	1969	Frank Oppenheimer	no

b. Historia y misión:

A finales de los años 60 se fundó *Exploratorium*, el Museo de Ciencias de San Francisco (EE.UU), por el físico y profesor Frank Oppenheimer (figura 231). Impulsado por las limitaciones de la investigación científica tradicional, Oppenheimer se dedicó al desarrollo de un nuevo modelo pedagógico para la enseñanza de la ciencia y creó un laboratorio, la *Biblioteca de experimentos*, en la *University of Colorado* (EE.UU), que consistió en generar

alrededor de cien modelos de experimentos científicos clásicos en el laboratorio, destinados a estudiantes de física de las escuelas primarias y los institutos. Inspirado por las exposiciones interactivas y los modelos de enseñanza científica importados de los museos de las ciencias naturales europeos (*Palacio* del *Descubrimiento,* en París, Francia; *South Kensington Museum of Science and Art,* en Londres, Reino Unido; y *Deutsches Museum,* en Múnich, Alemania), Oppenheimer decidió crear una institución parecida en Estados Unidos, basada en su modelo pedagógico del aprendizaje a través de la experimentación. Cuatro años después fue inaugurado el museo *Exploratorium* (figura 232).

El arte ha jugado un papel fundamental como medio de exploración de la realidad y como herramienta de transmisión de conocimiento al público. Oppenheimer compara la posición profesional del artista en los museos tradicionales y en el *Exploratorium*. Mientras en los museos tradicionales se aprovecha su capacidad estética para el diseño de exposiciones, en el museo *Exploratorium* se fomenta el proceso de la creación, facilitando al artista recursos para desarrollar trabajos dentro del ámbito científico.[293]



Figura 231. Frank Oppenheimer, *Exploratorium*, San Francisco, EE.UU.
Fuente: www.exploratorium.edu



Figura 232. Museo *Exploratorium*, Pier 15 y 17, San Francisco, EE.UU.
Fuente: www.exploratorium.edu

[293] Thorne Films (el 30 de noviembre, 2009). *Exploratorium - From an Interview with Dr. Frank Oppenheimer*. Recuperado de: https://www.exploratorium.edu/video/exploratorium-interview-dr-frank-oppenheimer. (Consultado el 21.10.2017). "Other museums have artists on their staff, to help design exhibits. This means that ones uses the aesthetic sentiments of the artist in developing exhibits. But that isn´t art. The things that we have here, works that the artist created as artworks, ... they are all about some natural phenomena, wether it is on polarization, or on lights or on sound or on mixture of these things. And it is quite a natural role for an artist to play, to make people more aware in the way they see things of some particular phenomena."

c. Programación:

El museo se inauguró con la exposición itinerante de arte, ciencia y tecnología, *Cybernetic Serendipity* (1969), comisariada por Jasia Reichardt, crítica de arte del Instituto de Arte Contemporáneo de Londres. La exposición mostró los resultados de exploraciones artístico-científicas inspiradas en las posibilidades creativas de la informática. Entre los programas artísticos organizados por el museo se encuentran:

1. *Over the Water*. Programa dirigido a la realización de obras de arte a gran escala, a menudo temporales, comisionadas para el museo.
2. *Artist-in-Residence Program*. Programa organizado desde 1974, dirigido a artistas individuales o a colectivos artísticos interesados en la colaboración y el trabajo interdisciplinario. Cada año, el museo invita a entre diez y veinte artistas a participar en el programa de residencias por un período temporal de dos años. Este período incluye una fase exploratoria y una fase de producción artística. Los artistas en residencia trabajan colaborativamente con el personal del museo y el público visitante de las exposiciones en la creación de instalaciones y muestras. El programa proporciona a los artistas una beca, el alojamiento, la asistencia técnica, los materiales y la tecnología disponible en el *Exploratorium*.

3. *Cinema Arts Program*. Incluye la creación de una amplia gama de proyecciones y películas (animación, documental, observaciones poéticas, imágenes abstractas) realizadas en combinación con métodos y estéticas del arte y la ciencia.

4. *Black Box*. Espacio expositivo dedicado a la exposición de instalaciones inmersivas centradas en el comportamiento humano y la interacción social. Las obras realizadas en el espacio se presentan en formato cine, vídeo, fotografía, escultura y medios interactivos.
5. *Resonance*. Programa de performance dirigido a los músicos y los artistas de sonido interesados en la exploración de las posibilidades musicales.

6. *Center for Art & Inquiry (CAI)*. Fue fundado en 2011 cuando se celebró la conferencia *Art as a Way of Knowing*, dedicada a la investigación estética en el entorno del aprendizaje interdisciplinario. El centro supervisa los programas *Over the Water* y *Artist in Residence* y organiza diferentes cursos y talleres realizados por los artistas.

7. *Programas Educativos*. Programas dirigidos a los docentes de la ciencia (*Teacher Institute* e *Institute for Inquiry*) con el objetivo de facilitar metodología y conocimiento a profesores en diferentes etapas de su desarrollo profesional. Los programas del museo dirigidos a los estudiantes, los jóvenes y las familias, incluyen actividades y eventos

interactivos (*High School Explainer Program*, *Xtech*, *Community Educational Engagement*, *Tinkering in Afterschool Program*). Este tipo de programas se desarrolla tanto en el museo como en zonas de vecindad y tienen como objetivo hacer la ciencia accesible para todos.

d. Financiación:

El *Exploratorium* es una organización sin ánimo de lucro. Se financia a través de las contribuciones de personas físicas, corporaciones, instituciones, fundaciones y agencias públicas.

6.2. Años 70

6.2.1. *Harvestworks*

a.	*País:*	*Año:*	*Fundadores:*	*Vínculo académico*:
	EE.UU	1977	Gregory Kramer Gerald Lindahl	no

b. Historia y misión:

La organización *Harvestworks* fue fundada por el científico y compositor Gregory Kramer y el músico Gerald Lindahl en Nueva York (EE.UU) como un lugar dedicado al arte experimental y a las nuevas tecnologías, y centrado en la promoción de la ingeniería de sonido y de la tecnología digital.

El objetivo de *Harvestworks* es proporcionar un entorno abierto a la experimentación que incluya el trabajo con consultores técnicos e instructores, con la idea de reunir profesionales innovadores de todas las ramas de las artes que trabajan con medios electrónicos y acercar, de este modo, este tipo de producciones al público.

c. Programación:

1. Tres programas de residencias artísticas que se realizan en el Laboratorio de Tecnología, Ingeniería, Arte y Música (TEAM). Los artistas participantes tienen la posibilidad de experimentar en el área del arte electrónico, con el apoyo de profesionales de diferentes campos de conocimiento. La duración es de un año. Los programas son: *Harvestworks Creative Residency Program in Emerging Technology*, dirigido a artistas que trabajan en el ámbito de las nuevas tecnologías y realizan proyectos que exploran nuevas premisas estéticas; *Emerging Artist Residency in Sound* (EARS), dedicado a artistas que trabajan en el campo del arte sonoro, y teniendo la posibilidad éstos de exponer los resultados de su trabajo durante el *Harvestworks New York Electronic Art Festival,* en el Laboratorio TEAM; y, por último, el programa *Harvestworks New Works Residency*, dirigido a artistas estadounidenses, a los que se les ofrece una beca que cubre los gastos de estancia, investigación y producción de la obra.
2. Desde el año 1983, *Harvestworks* publica *Tellus Audio Cassette Magazine* de forma bimensual. La publicación está dedicada a la música de vanguardia neoyorquina y promueve a artistas experimentales de la época.
3. Los *Independent Study and Certificate Programs* se organizan desde el año 1983 y están dirigidos a aquellos artistas interesados en realizar instalaciones interactivas que

trabajen con los nuevos medios. Estos programas tienen la duración de un año e incluyen tutorías individuales y personalizadas. Adoptan la forma de tres cursos: *Max / MSP / Jitter*, un curso de 20 horas dirigido a artistas interesados en la programación gráfica; el curso *Digital Audio,* de 30 horas, dedicado al audio y a la edición de sonido, grabación y procesamiento de efectos digitales, etc.; y el curso *Digital Video,* de 20 horas, que ofrece los conceptos básicos para la edición de vídeo.

4. El proyecto *Artist's Guide to Useful Technology* incluye talleres, presentaciones, simposios, tutorías y foros impartidos por el personal de la *Harvestworks* (compositores, artistas visuales u otros profesionales) en centros de arte y música de Estados Unidos. Su objetivo es acercar el arte interactivo al público. El proyecto abarca tres partes: los talleres de arte interactivo, donde los participantes pueden visualizar obras interactivas y aprender sobre las técnicas de su creación; clases magistrales en las que los ponentes evalúan las obras de los estudiantes proporcionando una retroalimentación técnica y artística; y, por último, una parte en la que los ponentes realizan una presentación audiovisual como elemento de su taller, incorporando el uso de técnicas artísticas interactivas.

d. Financiación:

Harvestworks es una organización sin fines de lucro. Está financiada por fondos estatales (Consejo de las Artes del Estado de Nueva York, el *National Endowment for the Arts*, el Departamento de Asuntos Culturales de Nueva York), fundaciones privadas (*The Andy Warhol Foundation for the Visual Arts*, *The Aaron Copland Fund for Music*, *mediaThe foundation inc.*, *The David and Sylvia Teitelbaum Fund Inc*., *The Lily Auchincloss Fondation*, *Edwards Foundation Arts Fund*, *Bloomberg Philanthropies*) y donaciones individuales.

6.2.2. *Ars Electronica*

a.	*País:*	*Año:*	*Fundadores:*	*Vínculo académico*:
	Austria	1979	Hannes Leopldseder Hubert Bognermayr Herbert W. Franke Ulrich Rützel	no

b. Historia y misión:

Ars Electronica es un centro de cultura, educación y ciencia, especializado en mediante nuevos medios, que tiene su sede en Linz (Austria). Inicialmente bienal, fue fundado por Hannes Leopldseder, periodista y profesor de la Universidad de Linz, Hubert Bognermayr,

compositor y pionero de la música electrónica, Herbert W. Franke, científico y escritor, y Ulrich Rützel, productor y editor de música. La motivación para su inauguración fue la necesidad de reflexionar sobre el impacto de la revolución digital y analizar las posibilidades potenciales que existían en la intersección del arte, la tecnología y la sociedad. Desde el año 1986, el festival se celebra anualmente, con una temática central en cada edición. Todos los años, el festival invita a artistas, investigadores y científicos internacionales a trabajar sobre un tema interdisciplinar específico.

c. Programación:

1. Desde 1986, el *Festival Ars Electronica* reúne a artistas, científicos e investigadores en Linz, una vez al año, durante cuatro días. Su objetivo es tratar un tema específico e interdisciplinario propuesto por la organización. El festival incluye exposiciones, discursos, talleres y simposios. Las exposiciones y actuaciones tienen lugar en el *Ars Electronica Center* de Linz (figura 233). Su director artístico entre 1986-1995 fue el artista Peter Weibel, y desde 1996 hasta hoy en día, esta posición pertenece al artista e ingeniero electrónico Gerfried Stocker.



Figura 233. *Ars Electronica Center*, Linz, Austria. Fuente: https://commons.wikimedia.org

2. El concurso de arte mediático *Prix Ars Electronica* fue fundado por Hannes Leopldseder en 1987. Su primera edición consideró las categorías de computación gráfica, musical y de animación. En ediciones posteriores, se introdujeron la categoría de arte interactivo (1990), un programa especial para niños y jóvenes (1998), el premio para comunidades digitales, así como los Premios de Arte y Tecnología *Voestalpine* (2004), *Hybrid Art* (2007) y *Golden Nica* (2014).

3. El *Ars Electronica Center* fue inaugurado en 1996, con el subtítulo de Museo del Futuro, como un centro para los nuevos medios digitales. Las exposiciones incluyen diferentes obras de arte relacionadas con la ciencia y la tecnología (biotecnología, ingeniería genética, neurología, robótica, prótesis y arte mediático) y con la particularidad de invitar al público a interactuar. Aparte de las exposiciones, el centro también ofrece cursos y alberga un laboratorio de tecnología.

4. El programa *Futurelab* fue fundado en 1996 como un proyecto de investigación sobre la intersección entre el arte, la tecnología y la sociedad. Está dedicado a la idea de futuro a partir de la presentación de propuestas experimentales artísticas. Su director, Horst Hörtner, compara el trabajo desarrollado por el programa con bocetos del futuro basados en la expresión artística, la exploración científica y con el fin de impactar en la sociedad.[294] El trabajo en el *Futurelab* supone la interacción de artistas e investigadores u otros socios de los sectores de la manufactura, la economía creativa, el mundo del arte, el mundo académico y las instituciones educativas. Las áreas tratadas dentro del programa son el arte multimedia, la arquitectura, el diseño, las exposiciones interactivas, la realidad virtual y los gráficos en tiempo real.

5. El premio *STARTS* fue desarrollado por la Comisión Europea en 2016 en colaboración con el Palacio de Bellas Artes *BOZAR* de Bruselas (Bélgica) y la *Waag Society* de Amsterdam (Holanda). Está dirigido a proyectos que integren la ciencia, la tecnología y el arte para contribuir a la innovación social y económica. El premio está apoyado por el programa de financiación de la Comisión Europea, *Horizon 2020*. Consiste en dos premios: uno destinado a la colaboración más innovadora entre la industria y la tecnología, y otro a la exploración artística y a la producción de obras de arte con potencial para influir o cambiar el uso, el despliegue o la percepción de la tecnología.

6. A través del programa *European Digital Art and Science Network*, iniciado por *Ars Electronica* en 2014, el centro organiza residencias artísticas en diferentes centros científicos.

d. Financiación:

Desde el año 1995, *Ars Electronica* existe como una entidad titulada *Ars Electronica Linz GmbH*. Representa una sociedad con responsabilidad limitada. Está financiada por la ciudad de Linz, la provincia de Alta Austria y la República de Austria.

[294] International Telecommunication Union. (el 8 de octubre, 2013). *Horst Hörtner, Director, Ars Electronica FutureLab*. Recuperado de: https://www.youtube.com/watch?v=2SuFnBU16Qc. (Consultado el 05.12.2018).“We are constantly thinking and living in the idea of sketching the future… Each project is a sketch of the future. It is based on, of course, technologies, but it is also based on… artistic expression, scientific exploration, but the most important, or let´s say, at least equaly important is the social impact.”

6.3. Años 80

6.3.1. *V2_Lab for the Unstable Media*

a.	*País:*	*Año:*	*Fundadores:*	*Vínculo académico*:
	Holanda	1981	Alex Adriaansens Joke Brouwer	no

b. Historia y misión:

*V2_* es un centro interdisciplinario de arte y tecnología ubicado en Róterdam (Holanda). Fue fundado en 1981 en Bolduque (Holanda) como un colectivo artístico compuesto por los artistas Alex Adriaansens y Joke Brouwer. En sus primeros años, el centro organizaba conciertos, actuaciones, exposiciones y experimentos con medios analógicos (televisores, altavoces y películas Súper-8). En 1987 publicó el *Manifiesto para los medios inestables,* que provocó la transformación del centro en una organización multimedia centrada en el uso de las nuevas tecnologías y los medios electrónicos en las artes audiovisuales, cambiando entonces su denominación a *V2_Institute for Unstable Media*. En 1994, el centro se trasladó a su ubicación actual. Dedicado al arte en redes y a los medios de comunicación, facilitaba a los artistas explorar las posibilidades de los ordenadores como medio artístico (técnicas digitales, realidad virtual y proyecciones 3D). En 1998 se inauguró el laboratorio internacional de los medios, *V2_Lab*, y el centro volvió a cambiar nuevamente su nombre, esta vez por *V2_Lab for the Unstable Media*. Centró sus actividades en la producción artística, la investigación y el intercambio de conocimiento entre artistas, científicos y tecnólogos a nivel internacional.

Con la idea de que los medios y la tecnología impacten tanto en la sociedad contemporánea como en el arte, *V2_* tiene el objetivo de facilitar la interacción entre artistas, científicos y organizaciones civiles y de apoyar las colaboraciones interdisciplinarias.

c. Programación:

1. *V2_* organiza programas públicos en forma de exposiciones, talleres, presentaciones y eventos comunitarios. Todas las actividades están centradas en el campo del arte y la tecnología y presentan investigaciones y proyectos desarrollados en el instituto.
2. Entre 1994 y 2014 se organizaba el *Dutch Electronic Art Festival* (DEAF), un evento bienal de carácter internacional e interdisciplinar. El festival incluía eventos, exposiciones, instalaciones, conciertos, performances, talleres y simposios académicos, y tenía el objetivo de promover el desarrollo artístico en el campo de tecnología.

3. La serie de eventos públicos *Test_Lab*, organizada desde 2006, tiene carácter informal y consiste en la presentación, demostración y discusión de temas relacionados con la investigación y el desarrollo artístico. Cada edición tiene un tema específico y está abierta a artistas, científicos, técnicos, teóricos y estudiantes interesados en la vanguardia de la tecnología, la sociedad y el arte.
4. La serie de eventos *3x3* se organiza de forma mensual e incluye la participación de tres artistas en cada sesión. Cada uno de ellos desarrolla tres experimentos artísticos para los que V2_ proporciona el espacio y los materiales necesarios. La serie está dedicada a la idea de la experimentación en el proceso artístico. El evento está abierto al público.
5. El evento *Evening of* invita a un artista, investigador o colectivo a organizar un evento en una tarde. Cada evento tiene un tema diferente, seleccionado por el invitado.
6. El programa *Community Meetups* ofrece a los artistas, diseñadores, creadores, teóricos, estudiantes, académicos y a todos los interesados en la exploración de la tecnología reunirse y dialogar de modo informal sobre temas relacionados.
7. El centro organiza programas dirigidos a artistas y a proyectos focalizados en temas contemporáneos del arte, la ciencia, la tecnología y la sociedad. Este tipo de programas tiene formato de reuniones de expertos, talleres, residencias, publicaciones, conferencias y exposiciones diseñadas para cumplir con los requisitos de los proyectos.
8. Uno de los programas, *Summer Sessions*, consiste en residencias de arte y tecnología dirigidas a artistas y diseñadores internacionales. Fueron iniciadas en 2009 con el objetivo de apoyar la producción artística y la retroalimentación entre expertos. El programa tiene una duración de aproximadamente ocho semanas y se desarrolla todos los años entre junio y septiembre. Los artistas y diseñadores seleccionados tienen a su disposición todos los materiales necesarios para el desarrollo de sus proyectos, así como la supervisión de expertos tecnólogos.
9. Desde 2019, *V2_* organiza una residencia artística en colaboración con el *Museu Zer0,* en Tavira (Portugal). La residencia acoge a artistas que trabajan con los desafíos ecológicos utilizando tecnologías sostenibles. El programa tiene una duración de 16 días. La primera parte de la residencia se realiza en las instalaciones de *V2_* en Róterdam durante ocho días, y la segunda parte en el *Museu Zer0*, durante los ocho días restantes.
10. *V2_* publica libros sobre arte, nuevos medios y teoría de los medios, conectando disciplinas como la sociología, la arquitectura, la teoría de los medios, la biología y la innovación tecnológica. Ocasionalmente se publican monografías sobre artistas que trabajan en el campo del arte electrónico y la cultura de los medios. Algunas de las publicaciones tienen como objeto mostrar el trabajo de autores y artistas de diferentes disciplinas agrupados en torno a un tema sociocultural actual. Otras publicaciones

tratan sobre la investigación sobre el uso artístico y la aplicación de tecnologías digitales, incluyendo colaboraciones interdisciplinarias y transdisciplinarias entre varias áreas artísticas, tecnológicas y científicas.

d. Financiación:

*V2_* está financiado principalmente por el *Creative Industries Fund NL*. y la ciudad de Róterdam. Sus actividades reciben apoyo de varios fondos privados y socios corporativos (*Stimulerings Fonds Creatieve Industrie*, *Gemeente Rotterdam*, *SIA Stichting Innovatie Alliantie*, *G. Ph. Verhagen-Stichting*, *Stichting Bevordering van Volkskracht*, *J-E. Jurriaanse Stichting*, *Pauwhof Fonds*).

6.3.2. *International Society for the Arts, Sciences and Technology - ISAST, Leonardo*

	País:	*Año*:	*Fundador*:	*Vínculo académico*:
a.	EE.UU	1982	Roger F. Malina	no

b. Historia y misión:

La *International Society for the Arts, Sciences and Technology (ISAST), Leonardo*, fue creada por el astrónomo estadounidense y profesor de la *University of Texas at Dallas* (EE.UU), Roger F. Malina. Se concibió como una red mundial de académicos, artistas, científicos e investigadores centrada en el trabajo interdisciplinario, la producción creativa y la innovación.

Leonardo/ISAST tiene su origen en la revista *Leonardo*, creada en 1967 por el científico y artista Frank J. Malina, padre de Roger F., y dedicada a la crítica de proyectos de arte del siglo XXI que requieren una interconexión entre los dominios del arte, la ciencia y la tecnología. La revista crea una red de artistas de diferentes especialidades de la formación de Bellas Artes, publicando obras y textos críticos sobre sus propuestas. Cada número incluye artículos de críticos e historiadores de arte que analizan los cambios surgidos en el arte contemporáneo debido a la aplicación en la creación artística de nuevos materiales y técnicas científicas. Después de la muerte de Frank Malina en 1981, su hijo retomó la revista, y en 1982 fundó *Leonardo/ISAST* en California (EE.UU).

La motivación que le llevó a fundar la organización fue la necesidad de abordar el crecimiento rápido de la comunidad artístico-científico-tecnológica. Con el fin de facilitar el tratamiento de la crítica global del siglo XXI (establecimiento de prácticas ambientales sostenibles; difusión de la alfabetización científica y artística mundial; creación de la equidad tecnológica; fomento de la libertad de pensamiento y de la imaginación), *Leonardo/ISAST*

apoya la exploración colaborativa de profesionales internacionales en los campos de las artes, las ciencias y la tecnología organizando proyectos, reuniones y eventos interdisciplinarios.

c. Programación:

1. *Leonardo/ISAST* ofrece el *Programa Leonardo para Educadores y Estudiantes,* que consiste en dos componentes. Uno de ellos, *Leonardo Education and Art Forum* (LEAF), es un foro internacional dirigido a profesionales, educadores y estudiantes interesados en la intersección entre el arte, la ciencia y la tecnología. LEAF fomenta la práctica e investigación artística, la investigación dirigida a la práctica, así como el trabajo pedagógico en el arte, la ciencia y la tecnología, proporcionando colaboración e intercambios entre diferentes comunidades académicas. El segundo componente es una iniciativa de publicaciones digitales en línea, *Leonardo Abstracts Service* (LABS). Es una base de datos de resúmenes de tesis de Máster o Doctorado relacionadas con la intersección de las artes, las ciencias y la tecnología. LABS está alojada en el *Pomona College* de California (EE.UU). Una selección de resúmenes elegidos por un panel de expertos y revisión por pares se publica anualmente en la revista *Leonardo*.
2. *Leonardo Art Science Evening Rendezvous* (LASER) es un programa de reuniones artístico-científicas que incluye presentaciones y conversaciones informales. El programa fue fundado por el historiador cultural Piero Scaruffi, en 2008, en San Francisco. Su primera edición se llevó a cabo en forma de foro local para presentar proyectos de arte y ciencia en la *University of San Francisco* (EE.UU). En sus siguientes ediciones, el programa se extendió a otras universidades y organizaciones culturales de los Estados Unidos, Reino Unido, Suiza, Francia, Canadá, Brasil, Irán, Austria, China, Israel, etc.
3. El programa de residencias artísticas *Scientific Delirium Madness* de *Leonardo/ISAST* se desarrolla en colaboración con la organización Djerassi, de San Francisco (EE.UU). Se trata de residencias anuales que aceptan a artistas y científicos interesados en el trabajo colaborativo a pasar un mes en las instalaciones de Djerassi y crear un trabajo conjunto con el resto de participantes del programa. Los artistas y científicos participantes contribuyen con propuestas en el blog de la residencia y participan en los eventos públicos de Djerassi.
4. *Leonardo/ISAST* publica, en colaboración con el MIT Press, las revistas académicas impresas y digitales *Leonardo* (que incluye imágenes y textos de artistas historiadores, teóricos, filósofos y otros investigadores que tratan el tema de la interacción entre las artes, las ciencias y la tecnología), *Leonardo Music Journal* (dedicada a cuestiones estéticas y técnicas de la música contemporánea y las artes sonoras), *Leonardo*

Electronic Almanac (centrado en obras y debates actuales, fomenta las contribuciones de académicos, artistas, científicos, etc. de nuevos recursos tecnológicos en las Bellas Artes y las artes mediáticas) y *Leonardo Book Series* (libros escritos por artistas, científicos, investigadores y académicos que tratan la convergencia del arte, la ciencia y la tecnología.

5. La *Leonardo Gallery* publica, de forma simultánea en línea y en la revista *Leonardo*, imágenes de obras de artistas previamente seleccionadas por un comisario invitado. Se complementan con valoraciones y comentarios escritos por dicho comisario.
6. El *Observatorio Leonardo de Artes y Tecnociencias* (Olats) es una asociación cultural de investigación y publicaciones en línea establecida en Francia que publica el contenido de *Leonardo/ISAST* en francés. Está dirigida a proyectos desarrollados en el campo de las artes y la tecnología y a encuentros entre científicos, ingenieros, artistas y actores culturales.
7. La *ARTECA* es un archivo digital con contenido artístico-científico-tecnológico, creado por la MIT Press en colaboración con *Leonardo/ISAST*. Contiene libros y revistas publicadas por la MIT Press y está dirigida a investigadores, académicos, artistas, educadores, estudiantes y profesionales de las artes, la ciencia, el diseño, los nuevos medios y las comunidades tecnológicas.

d. Financiación:

Leonardo/ISAST está registrada como una organización sin ánimo de lucro. Sus actividades están financiadas por becas y donaciones de diferentes organizaciones y aportaciones particulares.

6.3.3. *Australian Network for Art and Technology* - ANAT

a.	*País:*	*Año:*	*Fundadores:*	*Vínculo académico*:
	Australia	1988	Grupo de artistas	no

b. Historia y misión:

Australian Network for Art and Technology (ANAT) es una organización con sede en Adelaide (Australia), centrado en la experimentación y la innovación en el arte, la ciencia y la tecnología. Tiene sus raíces en el año 1984, cuando la Fundación Experimental de Arte creó *Interface*, un evento de arte y tecnología, durante el Festival de Adelaide. El éxito del evento llevó a la realización de un proyecto piloto basado en la investigación, iniciado conjuntamente, en 1985, por la Fundación Experimental de Arte y el Ministerio de Tecnología de Australia del Sur. La directora de ANAT, Vicki Sowry, explica en su

correspondencia personal que después del evento *Interface* se inició un programa de investigación relacionado con el arte y la tecnología en toda Australia que incluyó mesas redondas cuyos participantes condujeron al establecimiento de ANAT.[295] La idea sobre la creación de la organización se presentó al Consejo de Australia para las Artes con el objetivo de buscar apoyo, lo que resultó favorable y supuso la creación de ANAT en 1988 con el objetivo de promover, fomentar y desarrollar la interacción entre las artes, la ciencia y la tecnología.

El objetivo de ANAT es apoyar a artistas profesionales que trabajan en el área de las artes mediáticas, facilitándoles los recursos necesarios para su investigación creativa. Administra el Fondo de Artistas y Nuevas Tecnologías del Consejo de Australia y mantiene una base de datos de artistas, instituciones y organizaciones relacionadas con el arte, la ciencia y la tecnología.

c. Programación:

ANAT organiza actividades en forma de exposiciones, escuelas de verano, simposios de arte electrónico, conferencias, presentaciones y residencias en colaboración con diferentes organizaciones e instituciones que proporcionan el espacio, el contacto y los recursos para su desarrollo.

1. El programa de residencias *Synapse* fue lanzado en 2004 con la ayuda del Consejo de Australia para las Artes y el apoyo del Gobierno de Victoria y su programa *Creative Victoria*. El programa está dirigido a artistas residentes en Australia y tiene una duración de 12 semanas. Su objetivo es conectar a artistas y científicos y facilitar su colaboración en alguna de las instalaciones científicas internacionales que participan en el programa (*Centre for Plant Biodiversity Research* (CPBR) de Camberra, *CSIRO Marine and Atmospheric Research* de Tasmania, *Centre for Astrophysics and Supercomputing* en la *University of Swinburne* de Melbourne, *e-World Lab* en la *University of South Australia*, *Division of Sustainable Ecosystems* de *Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation* (CSIRO), el Departamento de Arqueología e Historia Natural de la *Australian National University*, el *Garvan Institute of Medical Research* de Sídney, el *Centre for Astrophysics & Supercomputing* de la *Swinburne University* de Sídney, la *Australian Antarctic Division* de Tasmania, el *Western Australian Supercomputer Project* de la *University of Western Australia* de Perth, la *Confocal Bio-Imaging Facility* de la *University of Western Sydney*, el *Bionic Ear Institute* y el *Australian Synchrotron* de Melbourne, etc.), pero también del resto del mundo (el *Artificial Intelligence Lab* de

[295] Sowry, V. (correspondencia personal, 2 de octubre 2019), Anexo V. "However, it is incorrect to say that ANAT was started by the EAF; it actually resulted from a period of research and consultation across Australia after the Interface events, followed by a submission to the Australia Council for the Arts for support, leading to the incorporation of ANAT in 1988."

Suiza, el *Wellcome Trust Centre for Neuroimaging* y la *Brighton & Sussex Medical School* de Reino Unido, el *Pier Luigi Luisi Synthetic Biology Laboratory* de Italia, el *Affective Computing Group* del MIT en EE.UU).

2. El programa de residencias *ANAT on Country* se lleva a cabo desde 2019 y tiene una duración de un año. Su objetivo es conectar a artistas con investigadores expertos en el área de gestión de la tierra, el agua y el cambio climático. La residencia de 2019 incluyó la colaboración de la artista Sarah Jane Moore con la becaria del programa *Indigenous Scientia Fellow* de la *School of Biological, Earth and Environmental Sciences* de la *University of New South Wales* en Sídney.
3. Desde el año 2019, ANAT organiza el programa *Australian Wine Research Institute* (AWRI) *residencies*. La primera residencia incluyó el trabajo de la artista Elizabeth Willing con los equipos de Química del Sabor e Investigación Sensorial del AWRI y tuvo una duración de 12 semanas.

d. Financiación:

ANAT es una organización sin ánimo de lucro apoyada por el Gobierno australiano: por el *Australia Council for the Arts*, el *Arts South Australia* y el *Department of Communications and the Arts*.

6.3.4. *Art&Science Collaborations, Inc.* - ASCI

a.	*País:*	*Año:*	*Fundador:*	*Vínculo académico*:
	EE.UU	1988	Cynthia Pannucci	no

b. Historia y misión:

Art&Science Collaborations, Inc. (ASCI) fue fundada en 1988 por la artista Cynthia Pannucci en Nueva York (EE.UU). Es una organización dirigida a artistas que utilizan tecnología en su creación y están interesados en el diálogo y la colaboración con profesionales de diferentes campos del conocimiento y en la intersección del arte, la ciencia y la tecnología. De acuerdo a su propia experiencia relacionada con la problemática de encontrar personas colaboradoras para el desarrollo de sus propios proyectos, Pannucci fundó ASCI con el objeto de superar las dificultades de conectar artistas y colaboradores de otros campos del conocimiento para el desarrollo de proyectos e intercambio de información relevante relacionado con el ámbito artístico-científico-tecnológico.

El objetivo de ASCI es proporcionar contactos entre artistas e ingenieros interesados en una colaboración basada en el uso y la aplicación de las nuevas tecnologías en espacios públicos.[296]

c. Programación:

1. Desde los años 90, ASCI tiene su espacio en Nueva York, donde se celebran reuniones mensuales entre artistas, ingenieros y tecnólogos invitados. Las reuniones incluyen presentaciones informales del trabajo de los miembros del grupo.
2. ASCI publica mensualmente el *ASCI BULLETIN*, una publicación impresa centrada en las personas y las oportunidades que ofrece recursos e información a y sobre los profesionales interesados en la intersección arte-ciencia-tecnología.
3. La organización también expone obras realizadas a caballo entre la ciencia y la tecnología y organiza presentaciones en diferentes localizaciones.

d. Financiación:

ASCI está registrada como organización internacional sin ánimo de lucro. Está apoyada por fundaciones, patrocinadores, empresas, organizaciones y ayudas de aportaciones particulares. Está asociada con diferentes instituciones culturales, académicas y de investigación internacionales (el Museo Americano de Historia Natural y el Departamento de Artes del Instituto Politécnico Rensselaer de Nueva York, el Consejo de las Artes de Inglaterra, la Red australiana de arte y tecnología (ANAT), el *Banff New Media Institute* de Canadá, el Departamento de Diseño y el Arte Mediático de la *University of California*, el Centro de Posgrado de la *New York University*, etc).

6.3.5. *Zentrum für Kunst und Medien* - ZKM

	País:	*Año:*	*Fundador:*	*Vínculo académico*:
a.	Alemania	1989	Heinrich Kl*ot*z	no

b. Historia y misión:

El Centro de Arte y Medios (*Zentrum für Kunst und Medien* - ZKM) es una institución cultural de Karlsruhe (Alemania) dedicada a la unión de los conceptos artísticos y la tecnología (figura 234). Adopta la forma de museo y centro de investigación, desarrollo tecnológico y

[296] Nalls, G. (el 4 de noviembre, 2014). *Interview with Cynthia Pannucci: Finding Digital Common Ground*. Recuperado de: https://www.youtube.com/watch?v=_RnMkgcZQ-Q. (Conslutado el 12.03.2018). "I have formed a non-profit to find other artists like myself that wanted to collaborate with engineers and use new technology in public spaces ... It would be a needle in the haystack to try to find artists, but if there was this beak, this one piece that all of a sudden uses new technology, then the artist would come towards the organization. I wouldn't have that problem finding people."

producción artística. Sus raíces parten de la creación del Grupo del Proyecto ZKM, formado en 1986 por representantes del gobierno local, la *University of Karlsruhe* (hoy *Karlsruhe Institute of Technology*), la *Karlsruhe's University of Music*, el Centro de Investigación Nuclear de Karlsruhe y otras instituciones relacionadas con la escena artística de la ciudad. El grupo se fundó con la idea de unir el arte y los nuevos medios, tanto en su versión teórica como práctica. En 1989, el profesor e historiador del arte Heinrich Klotz, fue nombrado director del ZKM y el centro se configuró como una institución dedicada a las obras de nuevos medios que ofrecía la posibilidad a los artistas invitados de desarrollar proyectos de artes clásicas en la era digital. Inicialmente, el ZKM desarrollaba sus actividades en espacios de diferentes instituciones de Karlsruhe, hasta que pudo disponer de instalaciones propias en 1997, con un espacio para el estudio, la investigación y la producción. Desde 1999, el director del centro es el comisario y artista Peter Weibel.



Figura 234. ZKM, Karlsruhe, Alemania. Vista de instalación *Cloud Walk* de la artista japonesa Fujiko Nakaya durante la exposición *Negative Space.Trajectories of Sculpture* celebrada en 2019. Fuente: https://zkm.de

El ZKM fue fundado con la idea de reunir proyectos de investigación, desarrollo técnico, colección de obras de arte, presentación y producción artística. Su misión consiste en promover el uso interdisciplinario de las tecnologías de los medios en el arte contemporáneo, crear un centro cultural contemporáneo significativo para el público local e internacional, formar un centro de producción artística proporcionando recursos tecnológicos e intelectuales a artistas y científicos invitados, ofrecer condiciones para la realización de proyectos teórico-prácticos a científicos y a artistas y a su presentación pública.

c. Programación:

1. El *Museo de los medios* está dedicado a la conservación de las obras de arte de los nuevos medios. Se centra en la historia y la crítica de los nuevos medios y su influencia en la vida cotidiana del ser humano. El museo muestra las obras de arte interactivas de los nuevos medios.

2. El *Museo de Arte Contemporáneo* muestra obras de arte de todos los géneros y medios de artistas europeos, americanos, asiáticos y árabes. El museo organiza exposiciones monográficas dedicadas al desarrollo de los géneros artísticos a lo largo del siglo XX.
3. La *Mediateca* contiene una colección de música contemporánea, vídeo-arte y literatura sobre el arte del siglo XX. Dispone de recursos de reproducción de música y vídeos abiertos tanto para los investigadores como para el público general. La colección existe también en formato digital y está publicada en Internet.
4. El *Instituto de medios visuales* es un espacio dirigido a artistas residentes internacionales que trabajan con los nuevos medios. Está dotado de ordenadores, equipos de vídeo digital, un estudio virtual y un laboratorio multimedia. En el instituto se promociona la investigación y el desarrollo de dispositivos y programas informáticos adaptados a las necesidades de los artistas. La producción se lleva a cabo con el empleo de vídeo digital, interactividad, realidad virtual, simulación, telecomunicaciones, gráficos por computadora, multimedia y CD-ROMs.
5. El *Instituto de Música y Acústica* facilita el desarrollo de proyectos artísticos conjuntos, creados por artistas u otros profesionales. Las obras producidas incluyen composiciones electrónicas, teatro musical, instalaciones con altavoces, música de películas, obras de radio, creación de programas informáticos de composición musical, etc. Los proyectos se presentan en los eventos organizados por el centro, en forma de conciertos o teatro.
6. Desde 2017, ZKM organiza el programa *Web Residencies* en colaboración con la A*kademie Schloss Solitude* de Stuttgart (Alemania). Cada residencia tiene un tema diferente propuesto por comisarios invitados y se desarrolla exclusivamente en línea. El programa está dirigido a artistas que trabajan con medios digitales y a artistas de todas las disciplinas que tratan las prácticas vinculadas a Internet. La convocatoria se anuncia en las páginas web del ZKM y de la *Akademie Schloss Solitude*. El jurado elige de tres a cuatro personas o colectivos, quienes reciben una beca para realizar proyectos en línea y experimentar con tecnologías digitales durante un período de cuatro semanas. Los resultados de las residencias se muestran *online* en las páginas web de ambas instituciones organizadoras.

d. Financiación:

El ZKM está apoyado por la asociación *Fördergesellschaft ZKM/HfG*, la Escuela Superior Estatal de Diseño (HfG), el Ministerio de Ciencia, Investigación y Arte de Baden Würtenberg, la Ciudad de Karlsruhe, la Fundación Federal de Cultura y por diferentes empresas y afiliaciones de socios.

6.4. Años 90

6.4.1. *Arts Catalyst*

a.	*País:*	*Año:*	*Fundador:*	*Vínculo académico*:
	Reino Unido	1993	Nicola Triscott	no

b. Historia y misión:

Arts Catalyst es una organización de arte contemporáneo dedicada al encargo y la reproducción de proyectos artísticos y de investigación transdisciplinaria. Fue fundada por la comisaria e investigadora Nicola Triscott en 1993. Desde 2016 tiene su espacio (*Arts Catalyst Centre for Art, Science & Technology*) en Londres (Reino Unido), donde se desarrollan los proyectos y la interacción entre los artistas, los científicos y el público (figura 235).



Figura 235. *Arts Catalyst Centre for Art, Science & Techonogy* en Londres. Reino Unido. Exposición *Tales from the Crust* (2019) del artista chileno Ignacio Acosta. Fuente: www.art-agenda.com

El *Art Catalyst* se fundó por la necesidad de proporcionar a artistas la posibilidad de romper las fronteras de la especialización y de acceder a las tecnologías científicas para la producción de su obra. A través de distintas actividades (exposiciones, eventos, talleres...), los artistas investigan y aprenden nuevas técnicas colaborando con los científicos y generando así nuevas ideas sobre ciencia y cultura. Rompiendo las barreras profesionales, el objetivo de la organización trata de debatir cuestiones sobre el poder tecnológico, social, político y ambiental que afectan a la vida del ser humano desde diferentes puntos de vista.

c. Programación:

Art Catalyst trabaja con artistas, científicos y comunidades locales realizando proyectos, encargando obras específicas y organizando exposiciones, eventos y actuaciones en su espacio. Los proyectos y obras artísticas son encargos derivados de la elección de los

comisarios de la organización, existiendo rara vez convocatorias abiertas. La organización recauda fondos y recursos para la realización de los proyectos encargados.

Art Catalyst colabora con varias organizaciones artísticas, científicas y académicas internacionales en la organización de su programación. Entre ellas se encuentran organizaciones artísticas (*Ars Electronica*, Austria; FACT, Reino Unido; *Leonardo/OLATS*, Francia; *SymbioticaA*, Australia; *V2_*, Holanda; *Waag Society*, Holanda; ...), instituciones científicas (*Central Laser Facilty*, STFC *Rutherford Appleton Laboratory*, Oxford, Reino Unido; *Centre for Astrophysics and Planetary Science*, *University of Kent*, Reino Unido; *European Space Agency*; *National Centre for Biological Sciences*, Bangalore, India; …), univesidades (*University of Cambridge*; *University of London*; *John Moore University*, Liverpool; *Kings College*, London; …), galerías (*Gallery Oldham*, Manchester; *John Hansard Gallery*, Southampton; *Matts Gallery*, London; …), museos (*Natural History Museum*, London; *Science Museum*, London; *Tate Britain*, London; …) y otras instituciones y programas internacionales (*British Library*; *Arts Council England*; *Brazilian Ministry of Culture*; *Calouste Gulbenkian Foundation*; *European Commission Culture Programme*; *Ministry of Culture of the Republic of Slovenia*; …).

d. Financiación:

Art Catalyst está registrada como una organización de arte contemporáneo sin ánimo de lucro. Está financiada anualmente por el *Arts Council England* y recibe subvenciones y donaciones de diferentes fundaciones, tales como la *Wellcome Trust*, la Comisión Europea y la Fundación Esmee Fairbairn.

6.4.2. *Eyebeam*

a.	*País:*	*Año:*	*Fundador:*	*Vínculo académico*:
	EE.UU	1998	John S. Johnson	no

b. Historia y misión:

Eyebeam fue fundado por el cineasta y emprendedor John S. Johnson, en Nueva York (EE.UU), en 1998, como un espacio compartido dirigido a la experimentación colaborativa en el campo de la tecnología, la investigación, la producción y la educación. La idea para su creación surgió después de la colaboración de Johnson con el artista digital David S. Johnson. Reconociendo la necesidad de la implementación de nuevas tecnologías en el trabajo de artistas plásticos y en el cine digital, decidieron crear un espacio de trabajo compartido.

c. Programación:

1. *Eyebeam* organiza un programa de residencias artísticas para artistas comprometidos con la tecnología y para tecnólogos que trabajan en las artes. Los residentes tienen la oportunidad de investigar y desarrollar proyectos durante seis meses y participar en tutorías con profesionales en sectores artísticos y de negocio. *Eyebeam* proporciona una beca, un taller y los recursos necesarios para el desarrollo de proyectos experimentales e interdisciplinarios. Los residentes tienen la posibilidad de establecer contacto con organizaciones asociadas y profesionales visitantes. Todo el trabajo producido por los residentes es de código abierto y accesible al público.

2. Desde 1998 se organizan programas educativos de colaboración para conectar a jóvenes con artistas comprometidos de manera crítica con el impacto de la tecnología en la cultura. Dichos programas se componen de diversos cursos, clases y talleres. El primer programa de educación en nuevos medios fue *Digital Day Camp*, dirigido a estudiantes de secundaria. El objetivo del programa fue facilitarles la oportunidad de aprender sobre el desarrollo y el diseño web. Otras sesiones incluyeron el aprendizaje basado en proyectos de *BioArt*, intervención urbana, diseño de juegos, etc.

3. Desde 2018, el *Eyebeam Center for the Future of Journalism* (ECFJ) es un programa experimental dirigido a artistas y periodistas que producen trabajos periodísticos innovadores. El programa ofrece una beca a los participantes con el fin de ayudar a la investigación, los viajes y otros gastos.

d. Financiación:

Eyebeam está registrada como organización sin ánimo de lucro. Está financiada por la *Atlantic Foundation*, las *Open Society Foundations*, la *Andy Warhol Foundation for the Visual Arts*, etc.

6.4.3. *Concurso Internacional Arte y Vida Artificial* - VIDA

a.	*País:*	*Año:*	*Fundadores:*	*Vínculo académico*:
	España	1999-2014	Nell Tenhaaf Susie Ramsay Rafael Lozano-Hemmer	no

b. Historia y misión:

VIDA *Concurso Internacional Arte y Vida Artificial* fue un concurso anual e internacional dedicado al tema de la vida artificial. El concurso se celebró a lo largo de dieciséis ediciones

en el Espacio Fundación Telefónica, en Madrid (España), entre 1999 y 2014. Estaba dirigido a artistas que exploraban el tema de la vida usando tecnologías avanzadas en el desarrollo de su obra. Nació como una iniciativa de los artistas Nell Tenhaaf, Susie Ramsay y Rafael Lozano-Hemmer, en colaboración con la Fundación. El concurso estuvo inicialmente dirigido por Lozano-Hemmer, posteriormente por el artista Daniel Canogar, y hasta su última edición, por la comisaria Mónica Bello.

La última edición del premio se celebró en 2014. Las cuatro sedes del Espacio Fundación Telefónica (Madrid, Buenos Aires, Lima y Santiago de Chile) siguen apoyando a los artistas organizando exposiciones y talleres relacionados con los temas abordados por VIDA. La página web de VIDA se mantiene activa y contiene toda la información sobre el certamen, los participantes y los premios de cada una de las ediciones. El objetivo del concurso era, entre otros, promocionar a los artistas emergentes, apoyar las obras artísticas producidas en el ámbito del arte y los nuevos medios y acercar los proyectos premiados al público general.

c. Programación:

Los artistas y creadores internacionales centrados en la producción innovadora de obras que tratan el concepto de vida artificial podían inscribirse en el concurso de los premios VIDA a través de una convocatoria, publicada anualmente en su página web. Los premios VIDA incluyeron tres categorías principales:

1. *Premios Proyectos Finalizados*, dirigidos a obras de arte ya realizadas. A esta categoría pertenecen el primer, segundo y tercer premio, así como las menciones de honor y el premio especial del público, realizado por votación en la red social *Facebook*.
2. *Premios Incentivos a la Producción,* dirigidos a las nuevas producciones artísticas. Desde la novena edición del concurso, incluye también los *Premios Incentivos a la Producción Iberoamericana,* destinados a los creadores de España, Portugal y Latinoamérica, y, desde la decimoquinta edición, el *Premio Incentivos Telefónica I+D,* dirigido al desarrollo de la obra con apoyo y colaboración del equipo de Telefónica I+D en Barcelona.
3. *Premio Pioneros VIDA,* inaugurado en 2009. Su segunda edición se celebró en 2014, durante la celebración del 15º aniversario de VIDA. El premio está dirigido a artistas que habían tenido un impacto importante en la historia del arte de los nuevos medios.

Las obras ganadoras de cada edición del concurso VIDA fueron expuestas en el Espacio Fundación Telefónica en Madrid (España).

d. Financiación:

Todas las categorías del premio VIDA fueron financiadas por la Fundación Telefónica.

6.5. Años 2000

6.5.1. *SymbioticA*

a.	*País:*	*Año:*	*Fundadores:*	*Vínculo académico*:
	Australia	2000	Oron Catts Miranda Grounds Stuart Bunt	*University of Western Australia*

b. Historia y misión:

SymbioticA es un laboratorio artístico dedicado a la investigación, el aprendizaje, la crítica y el compromiso práctico con las ciencias de la vida, que tiene su sede en la *University of Western Australia*. Fue fundado en 2000 por el artista e investigador Oron Catts, la bióloga celular y profesora Miranda Grounds y el neurocientífico Stuart Bunt.

El motivo principal para su fundación fue la necesidad de proporcionar a los artistas e investigadores la posibilidad de trabajar en el Departamento de Ciencias Biológicas y crear un nuevo medio de investigación artística, usando herramientas y tecnologías científicas y explorando sus posibilidades.

c. Programación:

SymbioticA ofrece a investigadores, científicos, académicos y colaboradores la posibilidad de emplear sus instalaciones de la *University of Western Australia*. Tiene tres objetivos principales: el desarrollo de nuevos materiales y temas para la manipulación artística, la investigación sobre las estrategias e implicaciones de las obras de *BioArt* en diferentes contextos y el desarrollo de los procesos científico-tecnológicos como herramientas artísticas. Las líneas de investigación de *SymbioticA* se desarrollan en torno al Arte y la Biología, el Arte y la Ecología, la Bioética, la Neurociencia, la Ingeniería de los Tejidos y la Ciencia del Sueño.

1. Su programa académico está dirigido a estudiantes de grado y posgrado. El programa de grado está abierto a estudiantes de cualquier disciplina e institución. Una de las partes del programa trata los cruces estéticos arte-ciencia e incluye una investigación práctica y teórica sobre ambos campos y el uso de las tecnologías de las ciencias de la vida y la biotecnología. La parte restante está dedicada al arte y a la manipulación de la vida y supone introducirse en las técnicas de laboratorio orientadas a la manipulación de sistemas biológicos vivos en el contexto de las prácticas artísticas contemporáneas. El programa de posgrado incluye los cursos de Máster y Doctorado. El Máster en Artes Biológicas está dirigido a profesionales de arte, ciencia y humanidades. Los estudiantes

especializados en artes toman cursos de ciencia, mientras que los graduados en ciencias se inscriben en cursos de artes y humanidades.

2. El programa de residencias artísticas está dedicado a la exploración y desarrollo de los vínculos entre las artes y los aspectos técnicos, éticos y de representación de la ciencia. Está dirigida tanto a artistas como a profesionales de otros campos. Se lleva a cabo en la Facultad de Anatomía, Fisiología y Biología Humana de la *University of Western Australia*. Tiene una duración de entre tres meses y un año. Los residentes tienen acceso al laboratorio, las herramientas, el espacio de trabajo y la biblioteca. Catts destaca la importancia del acceso a todas las instalaciones y la tutoría de los científicos para la producción artística. De esta manera, los artistas pueden adquirir nuevas habilidades manipulando herramientas y familiarizándose con determinados procesos científicos.[297] El objetivo de las residencias es el proceso de investigación y su naturaleza innovadora, y no tanto la obra final.

3. *SymbioticA* organiza talleres intensivos con el objetivo de implementar las herramientas de la Biología a la producción artística y explorar la intervención humana con otros seres vivos dese un punto de vista filosófico y ético.

4. Las exposiciones organizadas por el laboratorio destacan por las muestras de obras hechas con los vivos. Su objetivo principal es provocar pensamientos, emociones y percepciones relacionadas con la vida.

5. Los simposios coordinados por *SymbioticA* presentan expertos de diferentes disciplinas: artistas, científicos, filósofos, científicos sociales, diseñadores y activistas, que pueden opinar sobre aquellos temas que figuran en el programa.

6. Las series de seminarios se hacen todos los viernes en el estudio de *SymbioticA*, con el objetivo de compartir las ideas libremente y crear un espacio de foro abierto para difundir la investigación artística, científica, ética y filosófica y la práctica de investigadores residentes, artistas visitantes y académicos.

d. Financiación:

SymbioticA es una iniciativa financiada conjuntamente por la *University of Western Australia* y el Departamento de Cultura y Artes de Australia Occidental.

[297] Douglas, J.A. (el 27 de abril, 2015). *Interview with Director of Symbiotica Lab Oron Catts*. Recuperado de: https://vimeo.com/126117008. (Consultado el 15.03.2018). "Getting them to manipulate living systems by themselves, or in a sence of being able to see things that are not usually available for artists in sense of type of imaging systems that are now prevalent within the biological sciences."

6.5.2. *Hexagram*

a.	*País:*	*Año:*	*Fundador:*	*Vínculo académico*:
	Canadá	2001	Jean Dubois	*Concordia University*, Universidad de Québec en Montreal (*Université du Québec à Montréal*- UQAM), *University of Montreal*

b. Historia y misión:

Hexagram fue creado en 2001 como una infraestructura para la investigación tecnológica y una plataforma para el arte de los nuevos medios en la *Concordia University* y en la Universidad de Québec de Montreal (UQAM), en asociación con la *University of Montreal*. Su fundador, el artista y profesor de la Escuela de artes visuales y mediáticas de la Universidad de Québec de Montreal, Jean Dubois, lo dedicó a la investigación y a la creación en el campo del arte multimedia, diseño, tecnología y cultura digital.

El motivo para su creación fue la necesidad de conectar a los investigadores y creadores de Quebec a través de la asociación *Hexagram* con el Centro Interuniversitario de Artes Mediáticas (CIAM), fundado con los mismos objetivos por el Fondo de Investigación de Sociedad y Cultura canadiense. Las dos organizaciones apoyaban a los mismos organizadores con una diferencia: *Hexagram* proporcionaba la tecnología y el apoyo directo a los investigadores, mientras que el CIAM proporcionaba la ayuda a estudiantes y difundía el conocimiento y la investigación. Ambas se fusionaron en 2011, creando *Hexagram|CIAM*, con la idea de establecer una red internacional única para la creación de investigación en artes, diseño y tecnología de medios especializada en investigación, capacitación y difusión.

c. Programación:

1. *Hexagram* organiza las mesas redondas HEXA_OUT, que se celebran en diferentes instituciones internacionales. Cada una de las mesas aborda un tema diferente y la mayoría de ellas tiene la duración de un día. La primera, HEXA_OUT1, se celebró en 2012 en la organización de arte y cultura *Phi Centre*, en Montreal (Canadá). Estuvo dedicada a la colaboración entre investigadores de las artes, las humanidades y la ingeniería. Otras ediciones se celebraron también en Canadá (en el centro artístico-cultural *Phi Centre,* la *Concordia* University, la Universidad de Quebec de Montreal (UQAM), el Instituto Goethe de Montreal), en Francia (el centro cultural *La Gare numérique,* el Festival VIA), en Colombia (la Universidad de Caldas, el Centro Cultural y

de Convenciones, el teatro Los Fundadores), en México (el Festival Visiones Sonoras XII – Festival Internacional de Música y Nuevas Tecnologías), en la India (el Centro Cultural Trimukhi) y en Alemania (el *Transmediale Festival*).

2. Aparte de HEXA_OUT, la red organiza diferentes simposios, conferencias, talleres y residencias abiertas a artistas e investigadores. Todas las actividades se centran en procesos de investigación que fomentan la creación como un proceso que vincula las humanidades y las ciencias sociales con el arte y el diseño. El objetivo de la investigación creativa es contribuir al desarrollo de un determinado campo de innovación que renueve los conocimientos y/o las prácticas artísticas profesionales.

3. Las residencias tienen la convocatoria abierta durante todo el año y están dirigidas a investigadores y artistas. Tienen como duración máxima un año. Para participar en el programa es necesario ponerse en contacto directamente con los miembros relevantes de *Hexagram* y proponerles un proyecto específico. El comité ejecutivo se reúne cada seis semanas, revisa las solicitudes y asigna a los investigadores y artistas seleccionados el estatus de *Visiting Scholar/Artist*. A cambio, los residentes contribuyen diariamente al trabajo desarrollado en *Hexagram*. Al finalizar el proyecto, lo presentan en un evento público. Todos los gastos durante el período de la residencia son cubiertos por los residentes ya que no existe una beca proporcionada por la organización.

d. Financiación:

Hexagram está registrada como una organización sin ánimo de lucro. Está apoyada por la Investigación de Valorización de Québec (VRQ), la Fundación para la Innovación de Canadá y el Fondo de Investigación de Quebec- Sociedad y Cultura (FRQSC).

6.5.3. *The Institute For Figuring*

a.	*País:*	*Año:*	*Fundadores:*	*Vínculo académico*:
	EE.UU	2003	Margaret Wertheim Christine Wertheim	no

b. Historia y misión:

The Institute For Figuring fue fundado por la autora australiana Margaret Wertheim y su hermana, artista y poeta, Christine Wertheim, en Los Angeles (EE.UU), en 2003. El instituto trata el lado estético y poético de la ciencia, sobre todo la figuración y los patrones presentes en la naturaleza, así como las tecnologías figurativas desarrolladas por el ser humano.

La misión del instituto es acercar los temas científicos al público a través de su programación. Fue pensado en forma de laboratorio de juegos, donde los individuos se podían unir y tratar los problemas emergentes a través de actividades creativas y obtener así conocimiento sobre los mismos.

c. Programación:

1. El instituto organiza exposiciones, conferencias, talleres y proyectos participativos abiertos a la comunidad. Sus programas están dirigidos a museos, galerías y universidades internacionales.
2. Uno de los proyectos desarrollados por el instituto fue el *Crochet Coral Reef* (2005), una obra participativa de gran formato en forma de arrecife de coral tejido. Dedicado al tema del impacto producido por el calentamiento global y la contaminación del medio ambiente, el proyecto combina la biología marina, las matemáticas, la artesanía y la práctica artística comunitaria: el público de diferentes partes del mundo ha podido participar tejiendo una parte de la obra. En la presentación *The beautiful math of coral* (2009), durante la conferencia *TED* celebrada en Los Angeles (EE.UU), Margaret Wertheim describía el desarrollo colaborativo de este proyecto, donde la obra constantemente evolucionaba de modo similar a como lo hace un organismo vivo.[298] La instalación *Crochet Coral Reef* fue expuesta en forma de exposición itinerante internacional en varios museos de arte y ciencia (figura 236).
3. El proyecto *Satellite Reef* (2006) está basado en *Crochet Coral Reef* y supuso la colaboración del instituto con diferentes comunidades locales del mundo, creando arrecifes-satélites locales (figura 237). Cada arrecife local es acogido por un museo o una galería local que organiza su exposición. Aparte de la producción de las obras, el instituto organizó conferencias y talleres en los cinco continentes para divulgar el conocimiento sobre la problemática del calentamiento global y enseñar las técnicas de creación de arrecifes.

d. Financiación:

The Institute for Figuring es una organización sin ánimo de lucro financiada por la *Annenberg Foundation, la Orphiflamme Foundation,* el *Opaline Fund of the Jewish Community Federation and Endowment Fund* y la *Andy Warhol Foundation for the Visual Arts*.

[298] Wertheim, M. (febrero, 2009). *The beautiful math of coral.* TED2009. Recuperado de: https://www.ted.com/talks/margaret_wertheim_crochets_the_coral_reef#t-911787. (Consultado el 29.11.2017). "There were hundreds of people involved in that. We got invited to do the whole thing in New York, and in London, and in Los Angeles. In each of these cities, the local citizens, hundreds and hundreds of them, have made a reef. And more and more people get involved in this, most of whom we've never met. So the whole thing has sort of morphed into this organic, ever-evolving creature, that's actually gone way beyond Christine and I."



Figura 236. *The Institute for Figuring*, EE.UU. Projecto itinerante *Crochet Coral Reef Project* (2005-presente). Exposición *Crochet Coral Reef: Toxic Seas*, Museo de Arte y Diseño en Nueva York (2016-2017). Fuente: https://diyanddragons.blogspot.com



Figura 237. *The Institute for Figuring*, EE.UU. *Irish Reef*, parte del proyecto *Satelite Reefs* (2006-presente) expuesto en la *Science Gallery* en Dublín, Irlanda (2010). Fuente: www.pinterest.es

6.5.4. *Artists in Labs Program*

a.	*País:*	*Año:*	*Fundador:*	*Vínculo académico*:
	Suiza	2003	Jill Scott	*Zurich University for the Arts*

b. Historia y misión:

El programa *Artists in Labs* fue fundado por la artista australiana, residente en Suiza, Jill Scott, en colaboración con el comisario René Stettler y la cineasta Marille Hahne. Se dedica a la organización de residencias artísticas en laboratorios científicos de física, informática, ingeniería y ciencias de la vida. El programa está codirigido por Jill Scott y la comisaria Irène Hediger, del *Institute for Cultural Studies* de la *Zurich University for the Arts*.

El objetivo del programa es facilitar a los artistas el aprendizaje sobre la metodología y el proceso práctico científico, así como sobre su interpretación a través de un contacto real con las herramientas de investigación de un laboratorio científico. Aparte de este trabajo práctico en el laboratorio, los artistas asisten a conferencias relacionadas con el tema que se investiga. A los científicos, por su parte, se les facilita acercarse al mundo del arte contemporáneo y desarrollar capacidades estéticas y de comunicación con el fin de mejorar la divulgación de la ciencia al público general.

c. Programación:

Artists in Labs organiza residencias artísticas en laboratorios científicos de Suiza y del resto del mundo. Las residencias tienen una duración de entre seis y nueve meses. Los artistas pueden inscribirse en el proyecto a través de una convocatoria abierta, publicada en la página web del programa. Se revisan por un jurado compuesto por artistas y científicos, elegidos por los directores del programa. La primera parte de la selección se realiza por un jurado artístico que evalúa la originalidad de la propuesta, su relevancia con respecto a la temática propuesta, los planes del proyecto y su capacidad para comunicar ideas artísticas, procesos y metodologías a otras personas.

La segunda parte de la selección la realiza un jurado mixto, compuesto por artistas y científicos, e incluye entrevistas en línea con los diez finalistas y la revisión de su portafolio y de su propuesta. Los artistas seleccionados tienen a su disposición un estudio, el acceso experimental y práctico al laboratorio elegido, tutores científicos, así como un salario mensual y, en su caso, financiación para la producción de la obra.

Los resultados de las residencias se muestran en exposiciones, conferencias, talleres y publicaciones nacionales e internacionales. De esta manera, se comparten los procesos, resultados y hallazgos conseguidos durante diferentes ediciones del programa.

d. Financiación:

En su primera etapa, el programa *Artists in Labs* fue desarrollado con la ayuda de la comisión federal de tecnología e innovación *Swiss CTI*. Entre los años 2006-2013, el programa fue financiado por la *Zurich University for the Arts* y el Ministerio Suizo de Cultura. A partir del año 2013, *Artists in Labs* cuenta con la ayuda de la *Pro Helvetia*, el *Swiss Arts Council* y la *Swiss National Research Foundation*.

6.5.5. *Foundation for Art and Creative Technology* - FACT

a.

País:	*Año:*	*Fundador:*	*Vínculo académico*:
Reino Unido	2003	Eddie Berg	no

b. Historia y misión:

La *Foundation for Art and Creative Technology* (FACT) es un centro de arte mediático de Liverpool (Reino Unido) que apoya proyectos artísticos relacionados con la tecnología. Fue fundada en 2003 por el comisario Eddie Berg. Tiene sus raíces en el proyecto *Merseyside Moviola,* desarrollado en 1985 por los comisarios y productores Josie Barnard y Lisa Haskel. El proyecto se celebraba de forma ocasional con el objetivo de mostrar obras de vídeo arte y cine experimental. En 1987, Barnard y Haskel fundaron, junto a Berg, *Video Positive*, un festival de nuevos medios dedicado a la promoción del arte y a la colaboración arte-ciencia-tecnología. En 2003 fue inaugurado el espacio oficial de la FACT en Liverpool, en un edificio construido para tal fin.

La FACT fue desarrollada con las directrices de colaboración abierta, el intercambio de conocimientos e ideas y el desarrollo conjunto de proyectos creativos. Forma parte del Consorcio de regeneración de las artes de Liverpool (*Liverpool Art Regeneration Consortium* – LARC). Desarrolla su trabajo en colaboración con otros centros e instituciones (la organización *Arts at CERN*, la *University of Liverpool*, la *University of Nottingham*, el *Open Data Institute* y la *University of Salford* en Manchester).

c. Programación:

1. La FACT organiza exposiciones, proyecciones de cine, talleres, residencias y programas para diferentes edades. Las exposiciones muestran el trabajo de artistas en distintas etapas de su carrera profesional que encajan con la ideología de la organización. Algunas exposiciones son resultado de los proyectos internos realizados por artistas residentes en la FACT. Otras exposiciones se desarrollan a partir de los proyectos en colaboración con otras galerías, comisarios u organizaciones que comparten las mismas ideas.
2. El programa de residencias artísticas apoya la investigación artística y está dirigido a artistas que trabajan en el campo de la tecnología y los nuevos medios. La residencia tiene una duración de uno o dos meses y se desarrolla en el espacio de la FACT.
3. La FACT forma parte del programa *European Media Artists Residency Exchange programme* (EMARE), desarrollado en 1995 por el centro de nuevos medios *Werkleiz*

(Alemania), la agencia del desarrollo artístico *Hull Time Based Arts* (Reino Unido) y el Departamento de Intermedia de la *Hungarian University of Fine Arts* en Budapest (Hungría). El programa está dirigido a artistas europeos emergentes que trabajan con nuevas tecnologías. Les ofrece una subvención para producir su obra en una de las instituciones europeas participantes: *Ars Electronica* (Austria), *Onassis Stegi* (Grecia), *Bandits Mages* (Francia), FACT (Reino Unido), IMPAKT *Centre for Media Culture* (Holanda), *Kontejner* (Croacia), *LABoral Centro de Arte y Creación Industrial* (España), *M-Cult* (Finlandia), RIXC (Letonia), WRO *Art Center* (Polonia) y *Werkleitz Centre for Media Art* (Alemania). La residencia tiene una duración de dos meses.

4. Desde 2015, la FACT dispone del *FACTLab*, un espacio de taller experimental abierto a los artistas residentes, investigadores y tecnólogos. Para su creación, la FACT contó con la colaboración de la *Liverpool School of Art and Design*, perteneciente a la *Liverpool John Moores University*.

d. Financiación:

La FACT está registrada como una organización benéfica y una sociedad limitada. Está apoyada por el Programa de Inversión Cultural Liverpool (CLIP) del Ayuntamiento de la ciudad, por diferentes organizaciones y por aportaciones particulares.

6.5.6. *Fundación Zaragoza Ciudad del Conocimiento*

a.	*País:*	*Año:*	*Fundador:*	*Vínculo académico*:
	España	2004	Ayuntamiento de Zaragoza	no

b. Historia y misión:

La *Fundación Zaragoza Ciudad del Conocimiento* es una iniciativa del Ayuntamiento de Zaragoza. Está dedicada al fomento y difusión de proyectos de base tecnológica. Su sede se encuentra en esta ciudad española, concretamente en el Centro de Arte y Tecnología *Etopia*.

Entre los objetivos de la fundación está la difusión de la cultura y el conocimiento científicos y el apoyo a proyectos científicos y tecnológicos. Su objetivo principal se ubica en el campo de la educación y las tecnologías creativas, la ciencia y la tecnología y la interacción entre el arte, la ciencia y la tecnología.

c. Programación:

1. Entre los años 2019 y 2021, la Fundación participa en el *Laboratorio Europeo de Inteligencia ARTificial*, un proyecto de seguimiento de la Red Europea de Arte y Ciencia

Digital. El proyecto fue iniciado por *Ars Electronica* junto a doce organizaciones culturales más: *Center for Promotion of Science* (Serbia), *LABoral Centro de Arte y Creación Industrial* (España), Galería *Kapelica* (Eslovenia), *Science Gallery Dublin* (Irlanda), Centro Cultural *Onassis* (Grecia), *The Culture Yard* (Dinamarca), GLUON (Bélgica), *Hexagone Scène Nationale Arts Sciences* (Francia), SOU Festival (Georgia), *Le Lieu unique* (Francia) y *Waag* (Holanda). El proyecto incluye exposiciones, laboratorios, talleres, conferencias, actuaciones, conciertos y residencias para los artistas que trabajan con la inteligencia artificial, con el fin de apoyar el trabajo interdisciplinario, la movilidad internacional y el intercambio intercultural.

2. La Fundación organiza *Enter*, un programa de espectáculos y propuestas escénicas organizado en colaboración con el Ayuntamiento de Zaragoza y la organización *Born! Music*. El programa se desarrolla en el Centro de Arte y Tecnología *Etopia* y ofrece una combinación de artes vivas, experiencias digitales, conciertos, proyecciones, teatro y nuevos medios.
3. El proyecto *Noctiluca* se desarrolla en la fachada digital del Centro de Arte y Tecnología *Etopia* e incluye el *Programa de Artistas Invitados* para crear una obra digital. El objetivo del programa es apoyar a artistas visuales nacionales e internacionales y facilitar una programación estable para *Etopia*.
4. El *Programa de Mediación Cultural* incluye la creación de grupos de trabajo estables en el Centro de Arte y Tecnología *Etopia*, dedicados al trabajo interdisciplinario y a la interacción con comunidades e instituciones locales. Las actividades del programa se desarrollan dentro del espacio *La Cantina* de *Etopia*. El programa ofrece asesoramiento y acompañamiento en el desarrollo de propuestas que pueden adoptar la forma de exposiciones, presentaciones, talleres y encuentros. El programa está abierto a nuevas propuestas durante todo el año. Los grupos interesados pueden mandarlas al correo electrónico publicado en su página web.
5. Desde 2017, la Fundación organiza el festival *La Mistura*, dedicado al tema de la propiedad intelectual en el entorno digital contemporáneo. El festival se celebra en el centro *Etopia*. Su primera edición se celebró en septiembre de 2017 y tuvo una duración de dos días. Las ediciones de 2018 y 2019 se celebraron en el mes de noviembre y se extendieron por un día más. El festival incluye exposiciones, conciertos, proyecciones, conferencias y talleres.
6. El Programa de Residencias *Hedy Lamarr* se desarrolla desde 2019 y está dirigido a mujeres artistas que trabajan en el ámbito del arte y la tecnología. El programa tiene una duración de varios meses y ofrece a las artistas seleccionadas un espacio de trabajo

dentro del Centro de Arte y Tecnología *Etopia*. Los resultados de la investigación artística realizada durante la residencia se presentan públicamente en *Etopia* a través de exposiciones, mesas redondas y/o talleres a lo largo de varias jornadas.

7. La *Academia de Fachada Media* es un programa de aprendizaje que se organiza desde 2017 y forma parte del proyecto *SmARTplaces*, centrado en la promoción del arte y la cultura digital. El programa tiene como objetivo enseñar a los artistas interesados el uso de la Fachada Media, un soporte digital formado por una doble fachada led, ubicada en la fachada exterior de *Etopia*. Este soporte tiene la capacidad de mostrar diferentes contenidos visuales generados por ordenador (figura 238). El programa tiene una duración de dos semanas, en la que los artistas participantes aprenden el uso de la Fachada Media, desarrollan una obra y aprenden cómo exponerla sobre este soporte. Las inscripciones para la formación se realizan a través de la página web de la Fundación Zaragoza Ciudad del Conocimiento de forma gratuita.
8. Desde 2016, la Fundación organiza una convocatoria anual, *Creative Screens Etopia*, dirigida a estudiantes de la Escuela de Artes y Oficios de Zaragoza del centro de formación CPA Salduie (del Grupo San Valero), de la Escuela de Artes de Huesca y de la Escuela Superior de Diseño de Aragón. La convocatoria está financiada por la Fundación Ibercaja e incluye un primer premio, y dos segundos, para aquellas obras desarrolladas por los estudiantes que son destinadas a la Fachada Media del Centro *Etopia*.
9. Las *Jornadas D+I* constituyen un foro dedicado a divulgar la ciencia al público. Se trata de un encuentro entre profesionales, comunicadores, educadores e instituciones que trabajan en la divulgación de la ciencia, cuyo objetivo es acercar la ciencia al público y mediante el uso de nuevas tecnologías. El foro incluye también el programa *Ciencia In Vivo* abierto al público general, que organiza talleres, juegos y espectáculos.
10. La Fundación ofrece la *Beca de Comisariado Etopia,* cuyo objetivo es apoyar la profesionalización del ámbito del comisariado de exposiciones centrados en la interacción arte, ciencia, tecnología y sociedad. La convocatoria se abre anualmente en la página web de la Fundación. La beca ofrece recursos, medios técnicos y humanos para la producción de una exposición en la sala de exposiciones de *Etopia* Centro de Arte y Tecnología.
11. El programa *Utopías Educativas* es un foro abierto a docentes, destinado al intercambio de experiencias sobre métodos innovadores basados en el uso creativo y pedagógico de las nuevas tecnologías digitales.
12. El programa educativo *Etopia Kids* es un programa de aprendizaje y experimentación en los campos del arte, la tecnología y la ciencia, dirigido a niños de entre 6 y 18 años. Se

desarrolla desde 2013 e incluye talleres y cursos, experimentación y visitas participativas a las exposiciones. Tiene como objetivo educar e inspirar a los jóvenes a través de la experimentación con la tecnología.

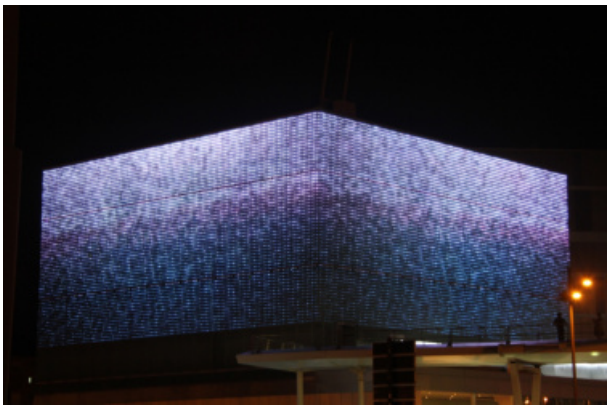


Figura 238. David Cantarero, *ETOPIA white noise*, video (2015). El proyecto desarrollado durante la residencia del artista en la Academia de Fachada Media en *Etopia*. Fuente: http://dacanto.blogspot.com

d. Financiación:

La Fundación Zaragoza Ciudad del Conocimiento está apoyada por el Ayuntamiento de Zaragoza, la Fundación Ibercaja, la Universidad de Zaragoza y la Universidad San Jorge, así como por investigadores, académicos y teóricos a título personal. La financiación de las actividades de la Fundación ha sido mayoritariamente de origen privado.

6.5.7. *GV Art*

a.	*País:*	*Año:*	*Fundador:*	*Vínculo académico*:
	Reino Unido	2005	Robert Devcic	no

b. Historia y misión:

La galería *GV Art* de Londres (Reino Unido) fue fundada en 2005 por el productor y comisario australiano Robert Devcic, en forma de centro de exploración de la interrelación entre el arte y la ciencia y las nuevas sensibilidades estéticas. Devcic empezó su trayectoria profesional como coleccionista de obras de arte producidas en relación con la ciencia. El grupo de artistas con obras en su colección le convencieron para que organizase una exposición que resultó ser un éxito. Después de haber representado a estos artistas en ferias de arte de todo el mundo, Devcic decidió abrir un espacio físico con formato de galería en Londres en 2008.

El objetivo de *GV Art* es apoyar el intercambio de ideas entre artistas y profesionales de otras disciplinas, especialmente de la ciencia y la tecnología, así como la comunicación de estas ideas al público.

c. Programación:

1. La galería produce exposiciones relacionadas con la investigación de la intersección entre el arte, la ciencia y la tecnología. Los artistas elegidos trabajan en la relación entre las disciplinas, interpretando sus avances y desarrollando nuevas sensibilidades estéticas.
2. Aparte de las exposiciones de arte contemporáneo, *GV Art* organiza conferencias y simposios relacionados con el tema, comisariados por el profesor de historia y filosofía de la ciencia de la *University College London*, Arthur I. Miller. La galería colabora con diferentes instituciones (*Tate*, *Victoria and Albert Museum*, etc.) con el fin de ofrecer las obras de arte de sus artistas a los coleccionistas y para acercar al público las colaboraciones interdisciplinares arte-ciencia realizadas en su espacio.

d. Financiación:

GV Art está registrada como *GV Art Limited by Shares*, equivalente a las sociedades de responsabilidad limitada españolas.

6.5.8. *Synapse Art and Science*

a.	*País:*	*Año:*	*Fundador:*	*Vínculo académico*:
	EE.UU	2007	Matthew Kolodziej	*University of Akron*

b. Historia y misión:

La iniciativa *Synapse Art and Science* fue fundada por el artista y profesor Matthew Kolodziej de la *University of Akron* de Ohio (EE.UU). Se centra en la exploración de ideas, imágenes e intereses que conectan el arte y la ciencia. La iniciativa incluye disciplinas como escultura, cerámica, nuevos medios, diseño gráfico, pintura, grabado, informática, biología, ingeniería, psicología y ciencia de polímeros.

En una entrevista para la radio WKSU, Kolodziej observa que el avance tecnológico está sucediendo con un celeridad excesiva para poder ser procesado adecuadamente por el ser humano. El impulso artístico tiene la capacidad de interpretar lo que está pasando en

nuestro entorno y, al unirse con la ciencia, tiene un gran potencial de innovación.[299] Kolodziej propone indagar en el desarrollo de nuevas estrategias para la educación y en el desarrollo de iniciativas de investigación y divulgación científico-artística.

c. Programación:

La programación de *Synapse* incluye conferencias, exposiciones y talleres que exploran la interacción entre el arte y la ciencia. Todos los eventos están abiertos tanto al público universitario, como al público general y se desarrollan en diferentes instituciones: la *University of Akron*, el *Akron Zoological Park*, el Centro de Investigación e Innovación de Biomimesis de la *University of Akron*, el Centro de Artes Escénicas E.J. Thomas, el Museo del Arte de Akron, el Parque *Natural Bath* y el Centro Escultural *Cleveland*.

La programación incluye visitas a estudios de artistas que trabajan en la intersección de la ciencia y el arte, y debates con profesores universitarios de ciencia y diseño.

d. Financiación:

En tanto iniciativa de la *University of Akron*, *Synapse Art and Science* está financiada por el Estado, aunque también recibe ayuda de fundaciones privadas (*John S. and James L. Knight Foundation*) para el desarrollo de proyectos específicos.

6.5.9. *IméRA*

a.	*País:*	*Año:*	*Fundador:*	*Vínculo académico*:
	Francia	2007	Robert Ilbert	Universidad de Aix-Marseille (AMU)

b. Historia y misión:

IméRA, el Instituto de Estudios Avanzados, fue fundado a modo de organización sin ánimo de lucro en 2007, en Marsella (Francia), por el historiador francés Robert Ilbert junto a un grupo de investigadores de varias disciplinas. En 2008, la organización obtuvo un espacio físico en las instalaciones del antiguo Observatorio de Marsella. En 2013, *IméRA* se incorporó a la Universidad de Aix-Marseille (AMU). El instituto forma parte de la Red de Institutos Franceses de Estudios Avanzados (RFIEA) y de la Red de Institutos Europeos de Estudios Avanzados (NETIAS).

[299] St. Clair, J. (el 12 diciembre, 2016). *Akron's Synapse Art Series Explores the Intersection of Art and Science*. WKSU radio. Recuperado de: http://www.wksu.org/post/akrons-synapse-art-series-explores-intersection-art-and-science#stream/0. (Consultado el 03.12.2018). "That's why I'm doing this… because the gaps in understanding, the places where there's disagreement- that's where the innovation is."

La misión de *IméRA* es la promoción de enfoques experimentales e interdisciplinarios en todas las áreas del conocimiento. Sus tres líneas de investigación se articulan en torno a: Ciencia y Humanidades; Arte, Ciencia y Sociedad; y Programas Mediterráneos. El instituto colabora estrechamente con la Escuela de Estudios Avanzados en Ciencias Sociales, el Instituto Nacional de Salud e Investigación Médica de Francia y el Instituto de Investigación para el Desarrollo, así como con la Universidad de Columbia y la Comisión Fulbright Franco-Americana.

c. Programación:

1. La investigación dentro de *IméRA* se desarrolla a través de cuatro programas dirigidos por residentes especializados en el tema e incluye ciclos, conferencias, seminarios y cursos:
   - Programa *Arte, ciencia y sociedad* (desde 2007) incluye seminarios de investigación y residencias de artistas y científicos. Alberga proyectos artístico-científicos colaborativos de investigación y creación. Algunos de los temas tratados hasta el momento han sido: el impacto de la integración digital en la investigación y la creación; las relaciones entre las prácticas sonoras y plásticas, y los enfoques artístico-científicos; la relación entre arte, patrimonio y sociedad; la escritura innovadora en la investigación artística y científica; las interacciones en la vida; etc.
   - Programa *Cruzando caminos: explorando la interdisciplinariedad* (desde 2007) reúne a investigadores de diferentes campos de estudio en torno a un tema común. Está centrado en desarrollar redes entre diferentes disciplinas y fomentar sus metodologías.
   - Programa *Mediterráneo* (desde 2017) está dirigido a potenciar la relación de la ciencia y arte, con el objeto de desarrollar y expandir el marco de investigación mediterránea en la práctica interdisciplinaria. Los residentes admitidos en *IméRA d*esarrollan las actividades de la organización. Promueven tres líneas de investigación: el Islam Mediterráneo, las formas de vida mediterráneas y el Mediterráneo del futuro.
   - Programa *Fenómenos globales y regularización* (desarrollado entre 2017-2020) trata la globalización y atiende a cuatro líneas de investigación: globalización y desarrollo sostenible; globalización, dinámica cultural y cambio institucional; migraciones; y energía. El programa está patrocinado por el Instituto de Investigación y Desarrollo de Francia, la Escuela de Estudios Superiores en Ciencias Sociales, la Escuela de Economía Aix-Marsella y la Comisión Fulbright franco-americana.
2. El instituto organiza un programa de residencias dirigido a artistas, científicos e investigadores de diferentes campos profesionales, así como a colectivos

multidisciplinarios. El programa tiene una duración de tres a doce meses y proporciona a los residentes una beca mensual y alojamiento en las instalaciones de *IméRA* en Marsella. Todos los años el programa recibe aproximadamente a veinte participantes con la idea de que desarrollen sus proyectos de investigación en relación con equipos y centros de investigación de la universidad. Los proyectos seleccionados se desarrollan dentro del ámbito de las ciencias sociales, la ciencia formal o experimental y la interrelación arte-ciencia. El objetivo de las residencias es explorar las relaciones entre diversas disciplinas, mejorarlas y abrir nuevos temas de investigación.

3. El seminario *The residents' community building seminar* se inició en 2016 como un evento semanal. Está dirigido a residentes de *IméRA*, pero en ocasiones invita también a determinadas personas ajenas al programa que puedan aportar una visión, interdisciplinar o disciplinar, diferente de la de los residentes. Cada seminario trata un tema concreto.
4. *IméRA* publica un blog, iniciado en 2016, dedicado a los residentes de la organización, a sus contribuciones a la investigación en *IméRA* y a los proyectos desarrollados durante su residencia.

d. Financiación:

IméRA está financiada por la Universidad Aix-Marseille, el Instituto Nacional Francés de Salud e Investigación Médica, la Agencia Francesa Nacional de Investigación, la Escuela Superior de Ciencias Sociales y la empresa de ocio digital, *NCC Partners*.

6.5.10. *LABoral Centro de Arte y Creación Industrial*

a.

País:	*Año:*	*Fundador:*	*Vínculo académico*:
España	2007	Rosina Gómez-Baeza	no

b. Historia y misión:

LABoral Centro de Arte y Creación Industrial es una institución multidisciplinar con sede en Gijón (España). Fue inaugurada en 2007 en el complejo industrial de la antigua Universidad Laboral de Gijón, hoy *Ciudad de la Cultura*.

LABoral fue fundada por la gestora cultural española Rosina Gómez-Baeza como iniciativa del Gobierno del Principado de Asturias con el objetivo de compartir conocimiento del uso creativo de las nuevas tecnologías. Entre sus directores artísticos se encuentran el artista Eric Berger (2007-2008), el comisario Benjamin Weil (2009-2013), el productor cultural Óscar Abril (2014-2015) y la comisaria Karin Oehlenschläger (2014-presente).

c. Programación:

1. Las exposiciones organizadas por la *LABoral* promueven el trabajo de artistas y creadores locales, nacionales e internacionales. Realiza proyectos en colaboración con otras instituciones internacionales (ZKM de Alemania, *Centre Pompidou* de Francia, *Museum of the Moving Image* de EE.UU, *Ars Electronica* de Austria, CA2M Centro de Arte Dos de Mayo de España, etc.).

2. La producción y la investigación de la *LABoral* se desarrollan en el espacio *Plataforma 0*, un centro de producción de obras de arte contemporáneo y de otros proyectos culturales, dedicado al apoyo a la creación y a la investigación artística. Dentro del centro *Plataforma 0* se encuentran los siguientes recursos: el *fabLAB Asturias*, el *LABoratorio de Sonido y* el *LABoratorio Audiovisual*.

    - El *fabLAB Asturias* es un laboratorio integrado en la red mundial de *Fab Labs,* iniciada por el *Center for Bits and Atoms* del MIT (Massachusetts Institute of Technology), que conecta laboratorios de diferentes países, compartiendo documentación, proyectos y experiencias. El *fabLAB Asturias* está equipado con máquinas controladas por ordenador. La investigación desarrollada en el *fabLAB* está relacionada con la aplicación de la fabricación digital a la creación artística, creativa o industrial. Los recursos del laboratorio están abiertos a instituciones educativas y a personas particulares. Incluye cursos, talleres y/o programas colaborativos de investigación sobre fabricación digital.

    - El *LABoratorio de Sonido* es un espacio de experimentación en el área del arte sonoro contemporáneo. Su objetivo es promover y proporcionar soporte técnico y creativo para el desarrollo de prácticas artísticas contemporáneas relacionadas con el sonido.

    - El *LABoratorio Audiovisual* está dirigido a la experimentación y a la investigación de nuevas formas de conceptualizar lo audiovisual en el arte contemporáneo. El espacio documenta las exposiciones y las actividades que realiza la *LABoral* y tiene equipos para la grabación, la edición, la producción y la postproducción de vídeo digital y audio.

3. *LABoral* ofrece un programa de residencias artísticas de investigación y/o producción dirigido a artistas visuales y/o a músicos residentes en Asturias. El programa publica la convocatoria en su página web y tiene una duración máxima de seis meses. Ofrece una sala de grabación a los músicos residentes, un estudio, un aula y una sala de exposiciones para los artistas visuales. Los residentes tienen a su disposición el equipo

de personal técnico necesario. Al terminar su estancia, se comprometen a realizar una actividad abierta al público relacionada con su trabajo.

4. La *LABoral* acoge diferentes conciertos, festivales de música, conferencias, talleres, cursos, encuentros, etc.

d. Financiación:

La *LABoral* es una fundación privada sin ánimo de lucro. Sus actividades están apoyadas por la Consejería de Educación Cultura y Deporte del Gobierno del Principado de Asturias, corporaciones, empresas privadas e instituciones.

6.5.11. *Bioart Society*

a.

País:	*Año:*	*Fundadores:*	*Vínculo académico*:
Finlandia	2008	Anu Osva Erich Berger	no

b. Historia y misión:

Bioart Society es una asociación que busca desarrollar proyectos ubicados en la intersección entre el arte y las ciencias naturales, especialmente la biología, la ecología y las ciencias de la vida. Fue fundada en Finlandia en 2008 por un grupo de personas de diferentes disciplinas que formaron el primer consejo de administración: artistas, científicos, trabajadores culturales, directores de teatro y comisarios. La presidencia pertenecía, inicialmente, a la artista Ana Osva.

La asociación comenzó sus actividades en la Estación Biológica Kilpisjärvi de la *University of Helsinki* con el proyecto *80 + 1,* organizado en 2009 por el centro austríaco *Ars Electronica*. El proyecto tuvo como temática central los desafíos de la humanidad. Como uno más de los participantes en el proyecto *80 + 1*, la *Bioart Society* produjo varios proyectos artísticos en torno al tema del cambio climático. La participación de la *Bioart Society* en este proyecto le permitió a la organización obtener unos fondos mínimos del Estado de Finlandia y contratar al primer empleado, el artista Erich Berger, que actualmente ocupa el cargo de director de la asociación.

La misión de la *Bioart Society* ha sido establecer actividades de arte, ciencia y *BioArt* en Finlandia, centrándose especialmente en proyectos a desarrollar en zonas árticas y a establecer relaciones entre la organización, las universidades y los científicos cuyos trabajos se centran en el cambio climático, las aguas árticas y la biología en torno a la nieve y el hielo.

c. Programación:

Los proyectos de la *Bioart Society* se llevan a cabo en colaboración con diferentes instituciones: *Biocenter Oulu*, *Biofilia* de la *Aalto University* y la Asociación de artistas *Mustarinda,* todas ellas en Finlandia; la *University of Copenhagen* de Dinamarca; *Kunsthall Grenland* y el *IO Lab* de Noruega; la *Malmö University* de Suecia; *SymbioticA* de Australia; el Instituto de Tecnología de Karlsruhe de Alemania; etc.

1. El programa de residencias *Ars Bioarctica* se organiza desde 2009 y está abierto a artistas y científicos. Tiene una convocatoria anual abierta y se lleva a cabo en la Estación Biológica Kilpisjärvi (perteneciente a la Facultad de Biociencias de la *University of Helsinki*) cuatro veces al año, con una duración de entre dos y cuatro semanas. La infraestructura de la estación usada por los científicos está disponible para los artistas residentes: herramientas científicas, instalaciones de laboratorio, biblioteca y sala de seminarios. El programa apoya la colaboración de artistas y científicos en proyectos comunes con el fin de desarrollar nuevos modos de pensamiento artístico y científico.

2. El programa *Field_Notes* fue iniciado en 2011 como un laboratorio de investigación de campo de una semana de duración. Se desarrolla en la Estación Biológica Kilpisjärvi entre grupos de trabajo formados por cinco científicos y cinco artistas cuyo objetivo es el aplicar enfoques artísticos a la investigación científica.

3. La residencia *North AIR* se organiza desde 2018 y tiene una duración de tres meses. Se desarrolla en colaboración con seis organizaciones: la asociación de artistas e investigadores *Mustarinda*, el programa de residencias *Ars Bioarctica* y el centro de arte *KulttuuriKauppil* (las tres en Finlandia), el *Scottish Sculpture Workshop* (SSW), el museo y centro artístico *Taigh Chearsabhagh* y la institución cultural *Timespan* (las tres en Escocia). El programa admite dos residentes que pasan un tiempo en cada una de la instituciones participantes de ambos países. La residencia se desarrolla en el marco de la ecología, lo locativo, lo comunitario y la historia, y su objetivo es explorar la movilidad y producción artística y la relación del ser humano con su entorno.

d. Financiación:

Las actividades de *Bioart Society* están financiadas por el programa de movilidad para la cultura del Báltico nórdico, *Kulturkontakt Nord*, y por becas proporcionadas por diferentes fundaciones.

6.5.12. *Science Gallery*

a.	*País:*	*Año:*	*Fundador:*	*Vínculo académico*:
	Irlanda	2008	John Michael David Coey	*Trinity College*

b. Historia y misión:

La *Science Gallery* fue fundada en 2008 por el profesor y físico John Michael David Coey, en el *Naughton Institute* del *Trinity College* de Dublín (Irlanda). Su objetivo ha sido albergar un lugar para exposiciones, conferencias y talleres relacionadas con el campo de la ciencia y la tecnología y dedicado al compromiso público con la ciencia y el arte.

En 2012 fue creada una iniciativa global, *Science Gallery International*, con el objetivo de abrir una red de galerías en todo el mundo hasta 2020, asociada con las principales instituciones educativas y de investigación. En este momento, la red de la *Science Gallery International* incluye siete centros vinculados a ciertas universidades y centros de investigación: Dublín (Irlanda), vinculado al *Trinity College*; Londres (Inglaterra), vinculado al *King´s College*; Melbourne (Australia), vinculado a la *University of Melbourne*; Bengaluru (India), vinculado al *Indian Institute of Science*, al *National Centre for Biological Science* y al *Srishti Institute of Art, Design and Technology*; Venecia (Italia), vinculado a la Universidad *Ca' Foscari* de Venecia; Detroit (EE.UU), vinculado a la *Michigan State University*; y Róterdam (Holanda), vinculado al *Erasmus University Medical Center*.

Los objetivos específicos de la *Science Gallery International* son: proporcionar la accesibilidad a las instalaciones de la galería a jóvenes y estudiantes, facilitar la investigación transdisciplinar y la colaboración entre investigadores, crear conexiones entre las universidades y acercar al público general las investigaciones desarrolladas en las universidades participantes.

c. Programación:

1. La *Science Gallery* organiza exposiciones de carácter transdisciplinar, enfocadas a la conexión entre la ciencia, el arte y la tecnología. Las obras mostradas son participativas e incluyen temas de investigación emergentes hoy en día. Son los propios estudiantes quienes, a modo de mediadores, atienden las exposiciones.

2. Los programas educativos están dirigidos a jóvenes y están centrados en promover el desarrollo de las habilidades destacadas en el modelo educativo STEAM (*Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics*), en el que el arte y la creatividad tienen

la misma importancia que la ciencia, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas. A través de estos programas, los jóvenes tienen la posibilidad de conocer aquellos proyectos que exploran los límites del arte y la ciencia.

d. Financiación:

La *Science Gallery International* tiene el apoyo de su socio fundador, *Google*, así como de diferentes fundaciones tales como la *Welcome Trust* de Reino Unido, la *Cordover Family Foundation* de los Estados Unidos, la *Human Dignity Foundation* de Suiza, etc.

6.5.13. *Beakerhead*

a.	*País:*	*Año:*	*Fundadores:*	*Vínculo académico*:
	Canadá	2008	Jay Ingram Mary Anne Moser	no

b. Historia y misión:

Beakerhead es un programa anual interesado en la intersección entre el arte, la ciencia y los sectores de ingeniería de la construcción, con participación y exposición de obras artísticas interactivas. Fue creado en 2008 en Calgary (Canadá) por el escritor y divulgador científico Jay Ingram y la científica Mary Anne Moser, en forma de evento. Desde 2013 tiene formato de festival anual, con una duración de cinco días, y se celebra en septiembre.

Beakerhead está dedicado a la promoción de la educación en intersección entre las ramas citadas arriba. Su objetivo es acercar la ciencia y la ingeniería al público general a través de un evento que apoya la creatividad, la sostenibilidad y la comunidad.

c. Programación:

1. Durante el festival *Beakerhead* se desarrollan eventos centrados en instalaciones artísticas realizadas en el cruce entre la ciencia y la ingeniería.

2. Aparte del festival, *Beakerhead* organiza programas escolares colaborando con escuelas durante todo el año. Ofrece a los alumnos experimentar y explorar la combinación de habilidades artísticas y científicas. Los programas incluyen excursiones, visitas escolares y desafíos que promueven el trabajo en equipo entre los alumnos. Además, organiza el programa *Guía de Campo Para los Educadores,* dirigido a profesores y que incluye propuestas de diferentes actividades a llevar a cabo con alumnos.

3. En colaboración con el *Banff Centre for Arts and Creativity*, *Beakerhead* organiza el programa de residencia becada *Big Bang*, dirigido a artistas, diseñadores, arquitectos,

científicos, ingenieros y otros profesionales. El objetivo es la creación de una obra de arte interactiva, pública, de carácter colaborativo, realizada en intersección con la ciencia, la tecnología y la ingeniería. El programa propone equipos mixtos, compuestos por diferentes profesionales: un artista, un ingeniero, un arquitecto especializado en arquitectura de paisajes, arte público o diseño urbano, así como otros profesionales, expertos en el arte y el diseño o en la gestión de proyectos. Durante la fase incubadora, el equipo seleccionado trabaja en las instalaciones del Centro del Arte *Banff* durante una semana, realizando planes de producción de la obra. A continuación, la fabricación y la construcción del proyecto se realizan a lo largo de un año. Los resultados se exponen durante el festival *Beakerhead*. El programa está financiado por el propio festival y tiene una convocatoria abierta todos los años.

d. Financiación:

Beakerhead está registrado como organización benéfica. Está apoyado por diferentes colaboradores, instituciones, empresas y fundaciones. Los apoyos financieros se utilizan para los eventos, programas y espectáculos específicos relacionados con el trabajo de la empresa que proporciona la ayuda. Los patrocinadores más importantes son la fundación *Suncor Energy* y el Fondo de Iniciativas Estratégicas del Consejo de la Ciudad de Calgary.

6.5.14. *Culture at Work*

a.	*País:*	*Año:*	*Fundador:*	*Vínculo académico*:
	Australia	2009	Sherryl Ryan	no

b. Historia y misión:

Culture at Work es un instituto de investigación fundado por la artista Sherryl Ryan en 2009 en Sídney (Australia). El instituto está dirigido por artistas. Su objetivo principal es conectar el arte y la ciencia a través de trabajos colaborativos de artistas y científicos y ofrecer innovación y proyectos experimentales a artistas e investigadores.

c. Programación:

El instituto tiene sus propias instalaciones. Dispone de estudios, talleres y de la galería *Accelerator*. Las actividades se desarrollan en colaboración con varias instituciones, consejos locales, festivales de arte, escuelas, institutos de ciencias de la salud, galerías y universidades nacionales y regionales. La programación incluye exposiciones, conferencias, programas públicos y educativos y residencias artísticas.

1. El programa de residencias artísticas se organiza desde 2011 y está dirigido a artistas interesados en extender su práctica artística al campo transdisciplinar a través del trabajo común con científicos u otros profesionales. Tiene una duración de tres meses, en los que los participantes tienen a su disposición una tutoría, un espacio de trabajo, contacto con un científico del campo de interés elegido, así como la ayuda de un comisario para la exposición de obras o proyectos finales que se expondrán en la galería *Accelerator*.
2. El instituto organiza los programas educativos *STEAM Family Workshops*, eventos mensuales que se realizan cada mes. Los talleres están dirigidos a familias y se desarrollan siguiendo el modelo educativo STEAM (*Science, Technology, Engineering, Art and Mathematics*).
3. El *Culture at Work* participa en conferencias y eventos en colaboración con otras organizaciones presentando las actividades desarrolladas en el instituto.

d. Financiación:

Culture at Work es un instituto de investigación sin fines de lucro financiado por el casino *The Star*, la *James N. Kirby Foundation* y por ayudas individuales.

6.5.15. *Electronic Art and Intermiedia* - EAI

a.	*País:*	*Año:*	*Fundador:*	*Vínculo académico*:
	EE.UU	2010	Adam Brown	*Michigan State University*

b. Historia y misión:

El curso *Electronic Art and Intermiedia* (EAI) forma parte del Departamento de Arte, Historia del Arte y Diseño de la *Michigan State University* (EE.UU). Está dirigido a estudiantes de grado. Fue establecido por el artista y profesor Adam Brown como un curso de investigación que explora la intersección entre las diferentes disciplinas artísticas. Incluye cinco cursos: Introducción al Arte Electrónico, Taller Avanzado de Arte Electrónico e Intermedia, Experimentos en Vídeo Digital, Fabricación Digital y Entornos Interactivos, y Estudio Independiente.

El objetivo del EAI es desarrollar una metodología epistémica a través de la incorporación de la investigación y la experimentación al proceso artístico.

c. Programación:

1. El EAI organiza conferencias sobre filosofía de intermediación, así como cursos y talleres sobre el arte electrónico, impartidos por diferentes artistas y teóricos.

2. El programa de residencias artísticas *Bridge* tiene una duración de tres años e incluye investigación artística en diferentes departamentos e instituciones colaboradoras (Departamento de Arte, Historia y Diseño, Colegio de Artes y Letras, *Lyman Briggs College*, *Abrams Planetarium* y *Broad Art Museum*). La asociación del programa con los distintos departamentos e instituciones pone a los residentes una amplia gama de áreas de investigación a su disposición. Las aplicaciones para el programa se realizan a través de una convocatoria anual que se publica en la página web del curso. Los artistas elegidos crean discursos crosdisciplinarios a través de una serie de conferencias, talleres y exposiciones en el *Broad Art Museum*. El objetivo de la residencia es sumergir a los artistas dentro de la investigación científica en la *Michigan State University* con el fin de conectar el arte, la ciencia y las humanidades.

3. Una parte de las actividades de EAI se desarrolla dentro del *Form from Thought Lab* (FFT), instalación ubicada en el *Kresge Art Center* de la *Michigan State University*, un entorno colaborativo de investigación y estudio con el equipo de fabricación electrónica y creación de prototipos. El laboratorio está equipado con diversas herramientas de última tecnología (una cortadora láser, un escáner láser 3D, etc.)

d. Financiación:

Electronic Art and Intermiedia (EAI) forma parte de la *Michigan State University*, con lo que está financiado por el estado de Michigan.

6.5.16. *Center for Promotion of Science* - CPN

	País:	*Año:*	*Fundador:*	*Vínculo académico:*
a.	Serbia	2010	Ministerio de Ciencia de Serbia	no

b. Historia y misión:

El *Center for Promotion of Science* (CPN) es una institución pública, fundada en 2010 por el Ministerio de Ciencia de Serbia en Belgrado (Serbia). Su objetivo principal es cerrar la brecha entre la ciencia y la sociedad, promover la ciencia y la tecnología e integrar a la sociedad en los procesos de investigación. Desde sus principios, el CPN se ha asociado con otras organizaciones internacionales, y ha participado en conferencias, eventos y programas

conjuntos con instituciones dedicadas a temas de índole similar. Desarrolla sus proyectos dentro de diferentes programas de la Unión Europea, tales como *FP7*, *LLP Commenius*, *Erasmus +*, *Creative Europe*, KOST y *Horizon 2020*.

Desde 2014 el CPN desarrolla proyectos dedicados a la educación, la implementación del concepto de investigación e innovación teniendo en cuenta el tema de género, la ética y la colaboración interdisciplinar entre científicos y artistas. En 2015 fue formado el Sector de Cooperación Internacional con el objetivo de integrar la coordinación de proyectos europeos y de mejorar la creación de las redes con los socios y asociaciones.

c. Programación:

Las actividades del *Center for Promotion of Science* se desarrollan en colaboración con diferentes instituciones de investigación y de educación en Serbia y en todo el mundo.

1. Como parte del proyecto *European Digital Art and Science Network*, el centro organiza el programa *Art+Science*, dedicado a las relaciones artístico-científicas. El programa incluye exposiciones, conciertos, conferencias y talleres y se desarrolla con el objetivo de acercar la ciencia al público general a través de arte.

2. Desde 2019, el CPN forma parte del *Laboratorio Europeo de Inteligencia ARTificial*, un proyecto de seguimiento de la *European Digital Art and Science Network.* El proyecto tiene una duración de tres años (2019-2021) e incluye diferentes actividades relacionadas con el tema de la inteligencia artificial. Fue iniciado por *Ars Electronica* (Austria), en colaboración con el *Center for Promotion of Science* (Serbia), la Fundación Zaragoza Ciudad del Conocimiento (España), la *LABoral* Centro de Arte y Creación Industrial (España), la Galería Kapelica (Eslovenia), la *Science Gallery Dublin* (Irlanda), el Centro Cultural *Onassis* (Grecia), *The Culture Yard* (Dinamarca), el GLUON (Bélgica), el *Hexagone Scène Nationale Arts Sciences* (Francia), el SOU Festival (Georgia), *Le Lieu unique* (Francia) y la *Waag* (Holanda). Las actividades del CPN dentro de este proyecto se centran en la interacción entre el arte y la ciencia en el ámbito de la inteligencia artificial. La primera actividad desarrollada ha sido el evento *Art + Neuroscience*, ha mostrado interés en visibilizar aspectos culturales, psicológicos y filosóficos afectados por las nuevas tecnologías y los avances científicos. El evento se celebró bajo el lema *Mundo detrás de los ojos,* en 2019. Incluyó exposiciones de obras artísticas contemporáneas inspiradas en el campo de la neurociencia, conferencias, talleres educativos y visitas guiadas. Las obras se mostraron en varios lugares de Belgrado (la Academia Serbia de Ciencias y Artes, el Instituto Francés, el Colegio *Hungarikum*, el Club de Ciencias del CPN y la Universidad de Artes de Belgrado).

3. El CPN dispone de un laboratorio abierto al público en Belgrado (Serbia), denominado *Maker Space*. El laboratorio forma parte del Club de Ciencias de Belgrado y está equipado con materiales técnicos, herramientas electrónicas, espacio de trabajo, ordenadores, biblioteca, impresoras 3D, etc. *Maker Space* ofrece a sus miembros ayuda profesional y asesoramiento para el desarrollo de sus proyectos. Está dirigido a un amplio público: jóvenes a partir de 14 años, adultos, empresarios, artistas, estudiantes, investigadores, creativos, etc. Para tener acceso es necesario hacerse miembro del laboratorio, lo que puede conseguirse de forma gratuita. El *Maker Space* ofrece cursos abiertos a todos los miembros, así como talleres basados en el área del conocimiento STEM (*Science*, *Technology*, *Engineering*, *Mathematics*), con una duración de una hora y dirigidos a un público infantil.
4. Desde 2014 el CPN publica la revista *Elementi* en formato impreso y digital. La revista se publica cada dos meses y está dedicada a temas y eventos científicos actuales y nuevos descubrimientos. Su objetivo es acercar la ciencia popular al público general a través de la publicación de artículos de diferentes autores.

d. Financiación:

Las actividades del *Center for Promotion of Science* están financiadas por el gobierno de la República Serbia, el Ministerio de Educación, Ciencia y Desarrollo Tecnológico de Serbia, la industria petrolera de Serbia, así como por diferentes proyectos de la Unión Europea (*FP7*, *LLP Commenius*, *Erasmus +*, *Creative Europe*, KOST y *Horizon 2020*).

6.5.17. *Bio Art Lab*

a.	*País:*	*Año:*	*Fundador:*	*Vínculo académico:*
	EE.UU	2011	Suzanne Anker	*School of Visual Arts*

b. Historia y misión:

Bio Art Lab es un laboratorio científico dirigido a estudiantes de arte y desarrollado en la *School of Visual Arts* de Nueva York (EE.UU). Fue fundado por la artista y profesora Suzanne Anker. Consta del apoyo de un equipo de profesionales de varias disciplinas y está equipado con ordenadores de alta tecnología, microscopios, recursos para la micrografía, biblioteca, e incluso incubadoras para organismos vivos (peces, ranas y plantas) (figura 239).

El objetivo de *Bio Art Lab* es ofrecer a los estudiantes de arte un sitio donde poder usar las herramientas y técnicas científicas para su producción artística.



Figura 239. *Bio Art Lab*, *School of Visual Arts* en Nueva York, EE.UU. Instalaciones del laboratorio.
Fuente: https://bfafinearts.sva.edu

c. Programación:

1. En el *Bio Art Lab* se desarrollan cursos dirigidos a estudiantes de grado y se tratan temas del género *BioArt*. Incluyen las siguientes asignaturas: *Anatomy I* y *II*; *FOOD: Projects in Bio Art; From the Laboratory to the Studio: Practices in Bio Art; Fur, Feathers and Scales: Comparative Animal Anatomy; Prometheus Unbound: An Introduction to Bio Art; Urban Botanicals*.
2. Aparte de cursos de grado, el laboratorio ofrece cursos de educación continua de *BioArt* a través de las siguientes asignaturas: *Bio Art in the Mysterious World of the Microbes*; *Biological Imaging: The Use of Microscopy to Observe and Photograph Life*; *Botanica: Imaging the Green Planet*; *Introduction to Bio Materials*; *The Wonderful World of Cells*.
3. El programa de residencias artísticas interdisciplinarias de verano, enfocadas al campo de *BioArt*, está dirigido por la artista Suzanne Anker y el biólogo marino Joseph DeGiorgis. El programa está destinado a artistas, diseñadores, pensadores creativos y estudiantes interesados en el uso de los medios tecnológicos y en el género *BioArt*. Las aplicaciones para el programa se realizan a través de la página web de la *School of Visual Arts* y requieren que los interesados presenten un portafolio de su trabajo artístico previo. El programa incluye conferencias impartidas por profesores y residentes antiguos de diferentes disciplinas (artistas, científicos y profesionales de museos), así como demostraciones de microscopía, ingeniería de tejidos vegetales, cocina molecular y producción de micro-ecosistemas. Los residentes tienen un estudio privado a su disposición y pueden desarrollar sus proyectos en cualquier medio. Los proyectos realizados se muestran en una exposición pública en la *School of Visual Arts*.

d. Financiación:

Bio Art Lab forma parte de la *School of Visual Arts* de Nueva York, registrada como una institución educativa con fines de lucro. En su mayor parte, la financiación está proporcionada por la matrícula estudiantil.

6.5.18. *Arts at CERN*

a.	*País:*	*Año:*	*Fundador:*	*Vínculo académico:*
	Suiza	2011	Ariane Koek	no

b. Historia y misión:

Arts at CERN es un programa de arte y ciencia organizado por el laboratorio de la Organización Europea para la Investigación Nuclear (*Conseil européen pour la recherche nucléaire* – CERN), con sede en Ginebra (Suiza). Fue iniciado en 2011 bajo el lema *Great Arts for Great Science,* creado por la especialista cultural Ariane Koek y basado en las nociones de igualdad y calidad en el arte y en la ciencia. El director general del CERN, Rolf-Dieter Heuer, describe el arte y la ciencia como dos aspectos de la misma cultura que se basan ambos en los conceptos de la creatividad y la exploración del potencial humano.[300]

El programa está dedicado a la investigación artística de las leyes de la naturaleza en el contexto de las actividades realizadas por CERN: la colisión de partículas elementales a la velocidad de la luz con la ayuda de aceleradores (que aumentan los haces de partículas a altas energías y hacen que colisionen entre sí o contra objetos fijos) y detectores de partículas (que observan y registran los resultados de estas colisiones). El objetivo de *Arts at CERN* es desarrollar un diálogo entre los científicos que trabajan dentro del laboratorio del CERN y los artistas residentes.

c. Programación:

Arts at CERN tiene tres iniciativas que ofrecen a los artistas una oportunidad para desarrollar sus proyectos en un entorno diferente: siendo parte de la comunidad de investigadores, estableciendo relaciones personales con científicos y observando sus experimentos. Cada una de las tres tiene una convocatoria anual abierta.

1. La primera iniciativa es la residencia artística *COLLIDE at CERN,* de una duración total de tres meses. En un principio se desarrollaba en colaboración con la *Ars Electronica* (2011-2014), pero desde 2016 se desarrolla en asociación con la organización FACT de Liverpool (Reino Unido). Los artistas seleccionados tienen la posibilidad de realizar una estancia financiada de dos meses en el laboratorio de CERN y de un mes en el espacio de FACT. La asociación entre CERN y FACT está apoyada por el Ayuntamiento de Liverpool, la *University of Liverpool* y la *Liverpool John Moores University*.

[300] Heuer, R.-D. y Bello, M. (2017). European Digital Art and Science Network. *CERN: Great art for great science*. Recuperado de: https://ars.electronica.art/artandscience/en/network/partner/arts-cern/. (Consultado el 9.11.2017). "That's why the motto of the Arts@CERN programme is *Great art for great science*."

2. La segunda iniciativa, el programa de residencias *ACCELERATE*, se organiza desde 2014 y tiene una duración de un mes. Cada año se desarrolla en dos países diferentes. La primera residencia *ACCELERATE* fue organizada en Atenas (Grecia) y Geneva (Suiza) (2014) y fue financiada por el *Swiss Arts Council Pro Helvetia* (que financió a artistas suizos dedicados al arte web interactivo) y el Centro Cultural *Onassis* (que financió un premio para los artistas visuales griegos). Las siguientes ediciones se organizaron en otros pares de países: Taiwan y Austria, donde los artistas fueron financiados por el Ministerio de Cultura de Taiwan y la *Bundeskanzleramt Österreich* (2015); Emiratos Árabes Unidos y Lituania, con la financiación de la Fundación de Música y Artes de Abu Dabi y el Centro de Arte y Educación Rupert (2016); Croacia y Corea del Sur, con la financiación por el Ministerio de Cultura de Croacia, la *Kontejner-Bureau of Contemporary Art Praxis* y el Consejo de Artes Corea – ARKO (2017). *ACCELERATE* está dirigida a artistas sin experiencia previa en el trabajo de laboratorio.

3. Aparte de las residencias, *Arts at CERN* organiza una tercera iniciativa, el programa *Guest Artist,* establecido en 2016. Los artistas invitados pueden disfrutar de una breve estancia para conocer el laboratorio del CERN y descubrir lo que éste puede ofrecer a la creación artística desde un punto de vista interdisciplinar.

d. Financiación:

Las actividades del CERN están patrocinadas por el Consejo de Instalaciones de Ciencia y Tecnología y la Fundación *Pro Helvetia*. Por otro lado, están apoyados por diferentes fundaciones y organizaciones, tales como la Sociedad Americana de Astronomía, la Fundación *Arconic*, la Fundación *Motorola Solutions*, etc.

6.5.19. *Biofaction*

a.	*País:*	*Año:*	*Fundadores:*	*Vínculo académico:*
	Austria	2011	Markus Schmidt Camillo Meinhart	no

b. Historia y misión:

Biofaction es una empresa de Viena (Austria), dedicada a la investigación y a la divulgación científicas. Fue fundada en 2011 por el científico Markus Schmidt y el cineasta Camillo Meinhart. La empresa se centra en la producción cinematográfica, la evaluación tecnológica y el estudio sobre las ciencias y las tecnologías emergentes: la ingeniería genética, la biología sintética (que incluye la ingeniería de sistemas biológicos con funciones nuevas), la

tecnología convergente (que implica la tendencia de distintos sistemas tecnológicos hacia la realización de tareas similares), así como en la colaboración artístico-científica. El objetivo de la empresa es acercar la ciencia a la sociedad a través de una oferta y una programación basadas en la interacción, la participación, el aprendizaje mutuo y la unión entre diferentes disciplinas.

c. Programación:

1. La *Biofaction* organiza un festival de cine sobre ciencia y arte, denominado *BioFiction*. El objetivo del festival es divulgar información sobre biología sintética y explorar este campo desde diferentes ángulos disciplinarios (ingeniería, ciencias sociales, estudios culturales, biología amateur, cine, arte y diseño). Está financiado por el Programa Austríaco de Investigación del Genoma (GEN-AU-ELSA). El festival se ha celebrado, por el momento, en tres ocasiones. Su primera edición, en 2011, estuvo dedicada a la exploración de la biología sintética y se celebró en el Museo de Historia Natural de Viena. El programa incluyó paneles de discusión, sesiones de preguntas y respuestas, representaciones artísticas, proyecciones de películas y talleres interactivos. La segunda edición se celebró en 2014, también en el museo e igualmente dedicada al tema de la biología sintética. El evento invitó a profesionales de la ciencia y la ingeniería, las ciencias sociales, los estudios culturales, aficionados a la biología, al mundo militar, al cine, al arte y al diseño para participar en los paneles y las conferencias e impartir talleres durante el festival. Aparte se proyectaron cortometrajes, documentales y animaciones que exploraban el campo de la biología sintética. La tercera edición se celebró en 2019 en el cine *Stadtkino* de Viena y se centró en el tema de las neurotecnologías: redes neuronales, el cuerpo, la mente, la inteligencia, la sociedad, las máquinas, la interfaz cerebro-computadora, la evolución tecnológica, etc.
2. *Biofaction* organiza exposiciones que muestran proyectos realizados en el ámbito arte-ciencia. La exposición *Possible Tomorrows* se celebró durante la Semana del Diseño de Viena en 2016 y mostró las obras de diseño experimental aplicado al campo de la biotecnología y la biología sintética. La exposición *Biomas(s)terplan* se celebró durante el simposio *Prototype Nature* en 2016, y fue organizada por el instituto *Frauenhofer UMSICHT* y la *Folkwang University of the Arts* de Essen (Alemania), con el objetivo de comprender mejor la diversidad de la naturaleza y determinar cómo se puede aplicar a los desafíos del mundo de hoy. La exposición *SYNTH-ETHIC* fue organizada durante el Festival *BioFiction* en 2011 y mostró obras que tratan la tecnología de la creación de vida, la ingeniería biológica y la ética de la vida sintética.
3. *Biofaction* organiza dos programas de residencias artísticas financiadas por la Union Europea. La residencia *Synpeptide* se organiza desde 2017 y se desarrolla en

colaboración con el Laboratorio de Bioprocesos de Basel (Suiza). Tiene una duración que oscila entre las cuatro y las seis semanas, en las que los artistas seleccionados trabajan estrechamente con los científicos en el laboratorio sobre el diseño de antibióticos. El objetivo es explorar el potencial de las prácticas culturales alternativas con respecto a los conceptos de la biología sintética y aportar una perspectiva complementaria y externa a la investigación científica. El programa está abierto a artistas, diseñadores, *biohackers* u otros practicantes culturales interesados en el tema.

4. El programa de residencia *Synenergene* se organiza desde 2015 en colaboración con el Centro de Tecnología de Vida Fundamental (FLinT), perteneciente a la *University of Southern Denmark* (Dinamarca). La residencia tiene una duración de seis semanas. El artista seleccionado trabaja con los científicos del FLinT analizando procesos de auto-organización con el fin de comprender las fuerzas creativas actuantes en los sistemas naturales. Los temas tratados incluyen la creación de vida artificial en el laboratorio, así como la combinación compatible entre procesos vivos e inteligentes con materiales no biológicos (ordenadores, robots e impresoras 3D).

d. Financiación:

Biofaction está registrada como una empresa que ofrece servicios de evaluación tecnológica de nuevas tecnologías, producción de películas y vídeos sobre ciencia y tecnología, comunicación científica y gestión de la interfaz ciencia-sociedad y colaboración entre arte y ciencia. Además de recibir ingresos por sus servicios, los proyectos de *Biofaction* están financiados por los de la Union Europea (*Horizon 2020 Research and Innovation programme*, *FP7 Research Projects*) y diferentes instituciones (*Austrian Science Fund*, *Wageningen University*, *Philipps-Universität Marburg, LOEWE Zentrum für Synthetische Mikrobiologie, Institute of Nanobiotechnology, University of Natural Ressources and Life Sciences, Austrian Centre of Industrial Biotechnology – ACIB, Institut für Allgemeine und Experimentelle Pathologie, Medizinische Universität*), fundaciones (*Alfred P. Sloan Foundation, European Science Foundation- EUROCORES- EUROSYNBIO*) y empresas (*Geneart* AG, *Aculab*).

6.5.20. *Synergy*

a.	*País:*	*Año:*	*Fundadores:*	*Vínculo académico:*
	EE.UU	2012	Whitney Bernstein Lizzie Kripke Michael MacMahon	*Massachusetts Institute of Technology* (MIT)

b. Historia y misión:

Synergy es un programa de asociaciones entre artistas y científicos investigadores ubicado en Boston (EE.UU). Fue fundado por la doctora en Oceanografía Química Whitney Bernstein, la neurocientífica y artista Lizzie Kripke y el artista Michael MacMahon. Está asociado con el *Massachusetts Institute of Technology* (MIT) y la *Woods Hole Oceanographic Institution* (WHOI).

El programa está centrado en la comunicación y la colaboración entre el arte y la ciencia. Su objetivo es proporcionar experiencias creativas e intelectuales a los artistas y científicos participantes. Las colaboraciones tienen como objetivo comunicar a través del arte la complejidad de la ciencia contemporánea al público general: compartir conceptos y metodologías científicos y hacer compresivas las implicaciones de sus resultados. En el artículo *Creating your Own opoortunities* (2013), Bernstein describe el arte como una herramienta poderosa de divulgación de las ideas científicas.[301] La idea principal del programa es que el pensamiento creativo y analítico, presente en todas las disciplinas, es crucial para una comprensión más completa del mundo.

c. Programación:

La programación de *Synergy* está dirigida a la selección de artistas y científicos interesados en un mismo tema con el fin de facilitar la colaboración entre ellos. Por el momento, se han llevado a cabo una serie de colaboraciones que han incluido a artistas y a científicos investigadores del *Massachusetts Institute of Technology* (MIT) y de la *Woods Hole Oceanographic Institution* (WHOI). Los resultados de la colaboración fueron presentados en la exposición colectiva *Ocean Stories,* cuyo objetivo era el de difundir la investigación oceanográfica a través de arte. La primera edición de *Ocean Stories* fue celebrada en 2013 en el Museo de las Ciencias de Boston (EE.UU) y la segunda, en 2014, en el Museo de Arte de New Bedford (EE.UU).

d. Financiación:

Synergy está financiado por distintas instituciones y organizaciones (*Cape Cod Art Center, Creative Arts Council Brown*, *Center for Ocean Sciences*) y departamentos del MIT (*Public Service Center*, *Community Service Fund*, MIT/WHOI *Joint Programme in Oceanography*).

---

[301] Bernstein, W. (el 7 de junio, 2013). Creating your Own opoortunities. A Case Study at the Intersection of Art and Science. *The Tech*, *Vol. 133*, Issue 27. Recuperado de: http://tech.mit.edu/V133/N27/synergymos.html. (Consultado el 09.12.2017). "Not being an artist myself, I felt limited in my ability to communicate through art. I became interested in what would happen if fine artists were partnered with scientists."

6.5.21. *Ligo Project*

a.	*País:*	*Año:*	*Fundadores:*	*Vínculo académico:*
	EE.UU	2012	Shane Mayack David Urlich	*Eugene Lang College of Liberal Arts of The New School*

b. Historia y misión:

Ligo Project es una organización ubicada en Nueva York (EE.UU), que facilita contactos entre artistas y científicos. Fue fundada por la científica Shane Mayack y el ingeniero de software David Urlich. Entre sus socios se encuentra *Eugene Lang College of Liberal Arts* de *The New School*, el colectivo artístico *Superhero Clubhouse* y el espacio *The Brooklyn Commons*.

El objetivo de *Ligo Project* es acercar la ciencia al público general. En una entrevista para *Artlab*, Mayack destaca como uno de los objetivos de la organización la accesibilidad de la ciencia a los no-científicos con el fin de fomentar la innovación científica. Mayac sostiene que el arte es más comprensivo para el público que la ciencia y que el objetivo de *Ligo Project* es usar el arte como un divulgador de la ciencia.[302]

c. Programación:

Las actividades de *Ligo Project* están enfocados a la exploración e intercambio entre disciplinas. Se realizan en forma de eventos, debates y proyectos colaborativos artístico-científicos.

1. La serie de debates *Science (as) Culture* se celebra una vez al mes y trata diferentes temas relacionados todos ellos con la evolución de nuestro pensamiento y el aprendizaje sobre la ciencia, el arte y la cultura. El evento invita a profesionales de diferentes disciplinas a conversar, en un espacio informal, sobre el tema elegido. El debate está abierto a la participación del público asistente.
2. El programa *Art of Science*, con una duración de seis meses, proporciona colaboraciones entre artistas y científicos de Nueva York. El trabajo se desarrolla parcialmente en un laboratorio científico, donde el artista aprende sobre el tema de investigación, y en el estudio del artista, donde al científico se le brinda la oportunidad de observar el proceso creativo. Conectando científicos con artistas, no solo se crea un proyecto artístico

[302] Zaringhalam, M. (el 20 de enero, 2014). Art of Science Gallery Night @ CULTUREfix. *Artlab*. Recuperado de: http://thisisartlab.com/2014/01/20/art-science/. (Consultado el 04.12.2018). "If you imagine something that can nucleate a lot of different people from different backgrounds—something that they could be interested in and not intimidated by—art is just one of those things. You're invited to come and view art and engage in it without necessarily knowing anything about it and without feeling intimidated by that process."

inspirado en la ciencia-lo que facilita la compresión misma de la investigación científica-, sino que también se proporciona la oportunidad a los científicos para explicar su trabajo a individuos ajenos a su campo de estudio.

d. Financiación:

Ligo Project es una organización sin ánimo de lucro y está apoyada por donaciones de diferentes organizaciones y personas físicas.

6.5.22. *Experimenta*

a.	*País:*	*Año:*	*Fundadores:*	*Vínculo académico:*
	Australia	2012	Corinne Cantril Drik de Bruyn Chris Knowles Robert Randall Michael Lee Sue Goldman Stephen Goddard Frank Bendinelli	no

b. Historia y misión:

Experimenta es una organización de arte con nuevos medios ubicada en Melbourne (Australia). Sus raíces se encuentran en la *Modern Image Makers Association* (MIMA), formada en 1986 como asociación de vídeo-artistas (Corinne Cantril, Drik de Bruyn, Chris Knowles, Robert Randall, Michael Lee, Sue Goldman, Stephen Goddard y Frank Bendinelli). En 2012, *Experimenta* se establece como una organización independiente, dedicada a la experimentación con medios digitales, ciencia, tecnología y diseño.

El objetivo de *Experimenta* es promover el trabajo de los artistas australianos y generar público y mercado para el arte mediático a través de sus programas de investigación, educación y desarrollo.

c. Programación:

1. *Experimenta* organizó seis ediciones de la exposición bienal itinerante *Experimenta International Biennial of Media Art,* dedicada a la presentación de obras creadas usando nuevas tecnologías. La primera edición fue celebrada entre 2003 y 2005, bajo el título *House of Tomorrow*. El resto de ediciones fueron *Vanishing Point* (2005-2007), *Playground* (2007-2009), *Utopia Now* (2010-2012), *Speak to Me* (2012-2014) y *Recharge* (2014-2016).

2. Como añadido a las exposiciones itinerantes, la bienal incluye intervenciones en sitios específicos, proyecciones, presentaciones, proyectos educativos e intercambios internacionales realizados en diferentes instituciones.

3. Desde 2017 se celebra la exposición trienal itinerante *Experimenta Make Sence*. Su objetivo es invertir en procesos de desarrollo artístico y presentar proyectos fuera de los contextos tradicionales de la galería. La trienal trata temas relacionados con el ser humano en la era de la aceleración tecnológica.

4. La serie de debates y demostraciones *Experimenta Social* se organiza cada tres semanas desde 2019 en asociación con ACMI X, un espacio de trabajo conjunto en Melbourne. Cuenta con el apoyo de la *Besen Family Foundation*. Está dedicada a la intercesión del arte y la tecnología, la ciencia, la cultura y el diseño. El programa invita a artistas e investigadores para presentar sus proyectos al público general.

d. Financiación:

Experimenta está registrada como organización sin ánimo de lucro. Está apoyada por varias instituciones y socios, entre los que se encuentran la *Australian Network for Art and Technology* (ANAT), el Consejo Australiano para las Artes, el gobierno australiano, etc.

6.5.23. *Scientific Delirium Madness*

a.	*País:*	*Año:*	*Fundadores:*	*Vínculo académico:*
	EE.UU	2013	Margot H. Knight Piero Scaruffi Roger Malina	no

b. Historia y misión:

El programa de residencias artísticas *Scientific Delirium Madness* está organizado en colaboración con la empresa *Djerassi* de California (EE.UU) y la organización *Leonardo/ISAST*. El programa fue fundado por Margot H. Knight, directora de las residencias Djerassi, Piero Scaruffi, fundador del evento *Leonardo Art Science Evening Rendezvous* (LASER) y Roger Malina, director de *Leonardo/ISAST*.[303]

El programa *Scientific Delirium Madness* fue creado con el objetivo de explorar la conexión de la creatividad presente en el trabajo de las áreas artística y científica.

[303] Knight, M. H. (2015). Scientific Delirium Madness. *Leonardo, Vol. 48*, Nº 3, pp. 219-225. doi:10.1162/LEON_e_01023. Pág. 219. "We formed a project steering committee and developed criteria for selecting artists and scientists. We recruited a prestigious group of nominators from across the country. Over 200 artists and scientists applied or were nominated. ... Leonardo/ISAST secured a grant from the National Endowment for the Arts via the agency's new Science and Art initiative."

c. Programación:

Scientific Delirium Madness es un programa anual que consiste en realizar una convocatoria abierta publicada en la página web de *Djerassi*. Tiene la duración de un mes y proporciona un espacio de trabajo para seis artistas y seis científicos en las instalaciones de *Djerassi* en California (EE.UU). Los participantes tienen la oportunidad de conocerse e interactuar compartiendo sus trabajos, ideas y conocimientos sin obligación de producir un producto común final.

La interacción entre los residentes, su participación en las conferencias públicas y la documentación, se comparten con el público académico y general. Los resultados se publican en el blog del programa y en la revista *Leonardo*. Los artistas y científicos comparten su experiencia en las conferencias *Leonardo Art Science Evening Rendezvous* (LASER) y en el evento *Open House/Open Studio* de *Djerassi*.

d. Financiación:

El programa *Scientific Delirium Madness* cuenta con el apoyo del *Leonardo/ISAST*, los donantes del Programa de Artistas Residentes de *Djerassi* y con un premio de la *National Endowment for the Arts* y NAKFI (*National Academies Keck Futures Initiative*).

6.5.24. *Fermilab*

a.	*País:*	*Año:*	*Fundador:*	*Vínculo académico:*
	EE.UU	2014	Georgia Schwender	no

b. Historia y misión:

El programa de residencias artísticas *Fermilab* se desarrolla en el laboratorio del mismo nombre ubicado en Illinois (EE.UU), dedicado a la física de partículas. El laboratorio fue creado por el físico Robert Rathbun Wilson en 1967, y el programa de residencias artísticas fue fundado por la artista y comisaria Georgia Schwender en 2014.

En las instalaciones del laboratorio se encuentra la galería de arte *Fermilab*, fundada por Wilson con la idea de conectar el arte, la ciencia y la tecnología. Las obras mostradas están relacionadas con el tema de la ciencia y el trabajo del laboratorio. El objetivo del programa es estimular la comunicación y las interacciones entre científicos, artistas y el público.

En una entrevista para *Chicago Gallery News*, Schwender describe la galería *Fermilab* como una parte fundamental del laboratorio que facilita una interacción única entre artistas y científicos. Con la creación del programa de residencias artísticas ubicada dentro del

programa del arte de *Fermilab*, las obras expuestas en la galería cambiaron y se acercaron más a la ciencia. El arte en *Fermilab* tiene un papel de divulgador del conocimiento científico.[304]

c. Programación:

1. El programa de residencias artísticas *Fermilab* abre su convocatoria a los artistas todos los años, aceptando tan solo a un aspirante. El artista seleccionado tiene la oportunidad de interactuar con los científicos en el laboratorio, aprender sobre su investigación y crear un proyecto u obra de arte en base a la información obtenida. La obra producida debe acercar la investigación del laboratorio a la comunidad. Los resultados del trabajo se exponen en la Galería de Arte *Fermilab*.

2. Como añadido a la residencia, *Fermilab* también organiza diversos programas culturales en forma de conferencias y simposios, conciertos de música clásica y contemporánea, bailes folclóricos y exposiciones artísticas.

d. Financiación:

El programa de residencias artísticas en *Fermilab* ofrece una beca para los artistas seleccionados, proporcionada por *Fermi Research Alliance*.

6.5.25. *European Digital Art and Science Network*

a.	*País:*	*Año:*	*Fundadores:*	*Vínculo académico:*
	Austria	2014	Martin Honzik Claudia Schnugg	no

b. Historia y misión:

European Digital Art and Science Network es una red de instituciones científicas y culturales centrada en el vínculo entre la ciencia y las artes digitales. Fue desarrollada entre 2014 y 2017 por Martin Honzik, director del Festival *Ars Electronica*, y Claudia Schnugg, comisaria y supervisora de la red de residencias de *Ars Electronica*.

La red fue establecida con motivo de la organización de una serie de residencias artísticas en instituciones científicas prevista para el período 2015- 2017. Las instituciones científicas internacionales que formaron parte del proyecto han sido el CERN (la Organización Europea

[304] Barratt, T. (el 20 de octubre, 2017). One minute with Georgia Schwender, visual arts coordinator. *Fermilab News.* Recuperado de: http://news.fnal.gov/2017/10/one-minute-georgia-schwender-visual-arts-coordinator/. (Consultado el 05.12.2018). "When I first started at Fermilab, the displays were more traditional. Nowadays, they're more intertwined with science. I feel like art is a great way to communicate science, especially to people who might not have a technical background."

para la Investigación Nuclear en Suiza), la ESA francesa (la Agencia Europea Espacial en Francia), el ESO (el Observatorio Europeo Austral en Chile) y el *Fraunhofer MEVIS* (el Instituto de Medicina Digital, en Alemania). Los centros que desarrollaban la parte artística del proyecto fueron *Ars Electronica Futurelab* (Austria), *Center of Promotion of Science* (Serbia), Galería DIG (Eslovakia), Fundación Zaragoza Ciudad del Conocimiento (España), Galería *Kapelica* del Instituto Kersnikova (Eslovenia), *GV Art* (Reino Unido), *LABoral* (España), *Science Gallery* (Irlanda).

En una entrevista publicada en la página web de *Ars Electronica*[305], Schnugg y Hoznik aseguran que la diversidad regional y los puntos de vista locales de los socios han sido de gran importancia para el proyecto, ya que todo ello aporta una propia red de artistas locales interesados en trabajar en la intersección de las artes digitales con la ciencia.

c. Programación:

El programa de residencias de *European Digital Art and Science Network* ofrecía convocatorias abiertas, publicadas en su página web. Las residencias tenían una duración oscilante entre varias semanas y un mes. Durante este período, los artistas pasaban una temporada en alguna de las instituciones científicas colaboradoras, trabajando y aprendiendo sobre su investigación. Tiempo después, se trasladaban a uno de los centros artísticos asociados, donde producían su obra basándose en la experiencia obtenida en los centros científicos. Los resultados del trabajo se presentaban en uno de los dos centros que hubieran acogido al artista.

d. Financiación:

El programa de *European Digital Art and Science Network* fue financiado por la Comisión Europea.

6.5.26. *ArtSail*

a.	*País:*	*Año:*	*Fundador:*	*Vínculo académico:*
	EE.UU	2015	Ombretta Agrò	no

b. Historia y misión:

El programa de residencias artísticas *ArtSail* es un programa nómada organizado por el Centro del Arte de Florida del Sur y el *Phillip and Patricia Frost Museum of Science*. Está

[305] Sick-Leitner, M. (el 18 de diciembre, 2014). *Art and Science*. Ars Electronica. Recuperado de: https://ars.electronica.art/aeblog/en/2014/12/18/edasn/. (Consultado el 09.12.2018).

interesado particularmente por cuestiones relacionadas con la geografía localizada en la costa de Florida y por recursos hídricos. La fundadora y directora del programa es la comisaria Ombretta Agrò.

El objetivo del programa *ArtSail* es promover la práctica interdisciplinaria de los artistas y apoyar aquella creación innovadora preocupada por la crisis específica del sur de Florida vinculada al cambio climático. Su propósito es desarrollar la conciencia del público sobre la necesidad de la preservación y la protección de los océanos a través de la investigación y la producción artística.

c. Programación:

La residencia *ArtSail* tiene una duración de entre cuatro a seis semanas y consiste en la colaboración entre artistas, comisarios y científicos vinculados al *Phillip and Patricia Frost Museum of Science*. Se desarrolla en dos etapas: la primera incluye realizar una investigación durante la estancia del artista a bordo de un barco; la segunda etapa supone realizar la producción de una obra para el Centro de Arte de Florida del Sur.

La convocatoria está abierta a artistas y comisarios. Se publica anualmente en la página web de *ArtSail*. La organización financia el viaje de los residentes a Miami, alojamiento, gastos de producción, proporcionando también una beca para los costos de vida.

d. Financiación:

ArtSail es un proyecto patrocinado por el *Fractured Atlas*, una organización de servicios artísticos sin ánimo de lucro. Sus actividades están apoyadas por la *John S. and James L. Knight Foundation*, así como por las ayudas procedentes de personas físicas.

6.5.27. *Artist in Residence Science Program*

a.	*País:*	*Año:*	*Fundador:*	*Vínculo académico:*
	Australia	2015	Andrew Grodecki	no

b. Historia y misión:

El *Artist in Residence Science Program* es un programa dirigido por el *Department of Science, Information, Technology and Innovation* (DSITI) del Gobierno de Queensland (Australia), en colaboración con Arts Queensland. Fue fundado por el divulgador científico Andrew Grodecki en 2015.

El programa ofrece residencias colaborativas entre artistas y científicos en el instituto de investigación *Ecosciences Precinct,* en Brisbane (Australia), en colaboración con el *Queensland Herbarium* y el laboratorio hidráulico del Gobierno de Queensland.

El objetivo del programa es promover el valor de las artes y la ciencia como impulsores claves para la innovación y el desarrollo de Queensland.

c. Programación:

El programa *Artist in Residence Science Program* recibe a los artistas y los invita a colaborar con los científicos del *Ecosciences Precinct*, el instituto de investigación dedicado al tema del medio ambiente y de las ciencias naturales en general, a través de una convocatoria abierta anual. En ediciones posteriores del programa incluye a otras instituciones: *Queensland Herbarium* y el Laboratorio de Hidráulica de Queensland.

La convocatoria está abierta tanto a artistas individuales como a colectivos. El programa ha organizado un total de cuatro residencias hasta el día de hoy. Su primera edición, en 2015, tuvo una duración de seis meses y seleccionó a ocho artistas del colectivo artístico *Curiosity AIRS*. Este colectivo colaboró con los científicos de la División de Ciencias que trabajaban con el medio ambiente y las ciencias naturales dentro del complejo *Ecosciences*. Los resultados de la residencia se mostraron en la exposición *Art Meets Science* en el espacio del *Ecosciences Precinct*.

La segunda edición se celebró en 2016, duró tres meses e incluyó la participación de cuatro artistas. Los participantes colaboraban con los científicos del *Ecosciences* y del Herbario de Queensland, produciendo obras relacionadas con temas como el agua, plantas, hongos y ecosistemas, suelos y paisajes, aire, imágenes satelitales y aéreas y química analítica. Los resultados de la residencia se mostraron en la exposición *Art Meets Science*, dentro del *Ecosciences Precinct*.

La tercera edición, en 2017-2018, supuso la colaboración de nueve artistas con los científicos del *Ecosciences* y del Laboratorio de Hidráulica de Queensland durante seis meses y medio. Una vez más, los participantes trataron las mismas temáticas que las citadas en la edición anterior. Los resultados de la residencia se mostraron en la exposición *Art Meets Science* del *Ecosciences Precinct*.

La cuarta edición, en 2019, incluyó la colaboración del artista seleccionado con los científicos del recinto *Ecosciences* y los estudiantes y profesores de la *Dutton Park State School* en Brisbane. La residencia se desarrolló durante cuatro meses y, aparte de la colaboración con científicos, alumnos y profesores, incluyó la producción de un mural en el patio de la escuela.

d. Financiación:

El programa *Artist in Residence Science Program* está financiado por el Gobierno de Queensland (Australia).

6.5.28. *Art the Science*

a.	*País:*	*Año:*	*Fundadores:*	*Vínculo académico:*
	Canadá	2015	Julia Krolik Alex Pedersen	no

b. Historia y misión:

La organización canadiense *Art the Science*, fue fundada en 2015 por la microbióloga Julia Krolik y la investigadora en ciencias sociales Alex Pedersen para promover las relaciones entre el arte y la ciencia.

Su objetivo es facilitar las relaciones crosdisciplinarias entre artistas y científicos con el fin de fomentar las culturas científica y artística en Canadá.

c. Programación:

1. El programa de residencias está dirigido a artistas que quieran ampliar su práctica dentro del marco científico. *Art the Science* ofrece colaboración directa entre artistas e investigadores científicos de diferentes instituciones y universidades canadienses. Las residencias se desarrollan en dos etapas. La primera se desarrolla en la institución científica, lugar donde el artista colabora con los investigadores durante diez días y desarrolla su proyecto artístico. La segunda etapa incluye la muestra de la obra o el proyecto desarrollado. El objetivo de la residencia es mantener el espacio científico disponible a artistas, borrar las fronteras entre los dos campos del conocimiento y compartir el conocimiento con el público.

2. La *Art the Science* organiza exposiciones en formato digital en la *Polyfield Digital Art Gallery* disponible en su página web. La galería muestra el trabajo de diferentes artistas interesados en desarrollar temas científicos en la colaboración con sus profesionales. Las exposiciones organizadas en la galería digital *Polyfield* tienen como objetivo promover el trabajo de los artistas que trabajan entre el arte y la ciencia, así como acercar los resultados de esta intersección al público general.

3. El Blog de la *Art the Science* es una plataforma dirigida a aquellos creadores que trabajan en el género del *SciArt* con el objetivo de compartir su práctica con una audiencia global. El contenido publicado incluye información sobre los creadores que trabajan entre el

arte y la ciencia, las obras realizadas por ellos, las exposiciones, los espacios que promueven este tipo de arte, así como las actividades de *Art the Science* y diversas contribuciones de los miembros del equipo.

d. Financiación:

Art the Science está registrada como organización sin ánimo de lucro. Está apoyada por la *Queen's University*, la *St. Lawrence School*, la *University of Guelph*, la *Laurentian University*, así como por el Instituto de Investigación del Cáncer, la empresa para la investigación y el aprendizaje sobre el agua, el Instituto *Sick Kids*, el Instituto de Movilización del Conocimiento, etc.

6.5.29. *Coalesce BioArt Lab*

a.	*País:*	*Año:*	*Fundador:*	*Vínculo académico:*
	EE.UU	2016	Paul Vanouse	*University at Buffalo*

b. Historia y misión:

Coalesce BioArt Lab es un laboratorio dedicado al arte biológico, fundado por el artista y profesor Paul Vanouse, de la *University at Buffalo* (EE.UU). El laboratorio está abierto a profesionales de varias disciplinas. Los artistas, los diseñadores y los arquitectos tienen la oportunidad de usar las tecnologías de las ciencias de la vida como su medio de producción; los profesionales de ciencias naturales pueden explorar nuevas formas y aspectos culturales de su trabajo; los filósofos, los escritores y los científicos sociales pueden interactuar con los procesos de las ciencias de la vida.

La misión del laboratorio es crear un espacio de incubación de prácticas creativas híbridas y desafiar los problemas emergentes de hoy en día relacionados con el tema de la vida. Para su realización, *Coalesce* ofrece dentro de sus instalaciones un laboratorio de producción artística, un laboratorio de enseñanza-aprendizaje y una sala de conferencias dedicada a las colaboraciones interdisciplinarias entre las artes, las humanidades y las ciencias, entre comunidades académicas y locales, y entre la universidad y el público general.

c. Programación:

1. *Coalesce* ofrece un programa de residencias artísticas de duración de uno a tres meses. El programa publica la convocatoria anualmente en la página web del laboratorio. Cada año académico ofrece una cantidad determinada de residencias. Los residentes trabajan en estrecha colaboración con un asesor científico de la *University at Buffalo*, tienen acceso a los equipos de laboratorio, materiales y suministros y reciben asistencia

técnica. La organización proporciona una beca para los artistas y cubre los gastos de producción y de material. Los residentes presentan su trabajo al menos una vez durante los foros o conferencias mensuales de *Coalesce* y realizan un taller en una jornada de puertas abiertas al público general.

2. El laboratorio también desarrolla dos cursos para los estudiantes de grado de la *University at Buffalo*. Uno de ellos, *Arte biológico*, supone una introducción al campo del arte biológico. Está centrado en el desarrollo del pensamiento crítico y creativo, la discusión sobre cuestiones de índole ética y cultural, y la experimentación interdisciplinaria arte-ciencia. El segundo curso, *Arte y vida*, trata de la relación entre las artes visuales y las ciencias de la vida en el mundo occidental.

d. Financiación:

El laboratorio *Colaesce* está apoyado por la *University at Buffalo* y la Fundación Nacional para las Artes de Washington D.C (EE.UU).

6.5.30. *Instituto Milieux de Arte, Cultura y Tecnología*

a.	*País:*	*Año:*	*Fundadores:*	*Vínculo académico:*
	Canadá	2016	Bart Simon Lynn Hughes Raymond April Haidee Wasson	*Concordia University*

b. Historia y misión:

El *Instituto Milieux de Arte, Cultura y Tecnología* está dedicado a la investigación y a la creación de propuestas que son resultado de la intersección entre las artes visuales, la cultura digital y la tecnología de la información. Tiene sede en la *Concordia University* de Montreal (Canadá) y está dirigido por cuatro codirectores: el profesor de sociología y antropología Bart Simon, las profesoras de arte Lynn Hughes y Raymond April, y la profesora de cine Haidee Wasson.

El *Milieux* fue fundado en 2016 gracias al Instituto *Hexagram*, que creó una red de laboratorios, estudios y grupos de investigación de gran éxito a través de sus actividades. En 2015 estudiantes e investigadores de diferentes departamentos de la *Concordia University* crearon un grupo de individuos con intereses comunes y ambiciones de colaboración entre las artes digitales, la cultura y la tecnología. En 2016 se establece oficialmente el *Instituto Milieux de Arte, Cultura y Tecnología* en la *Concordia University*.

El objetivo del Instituto *Milieux* es examinar, crear de forma conjunta y compartir ideas, prototipos tecnológicos, experiencias y prácticas en el mundo digital, rompiendo las barreras entre investigadores, diseñadores y artistas de universidad.

c. Programación:

1. El instituto tiene varios grupos de investigación: Futuros indígenas (sobre los pueblos indígenas y su percepción del futuro); el Centro de Investigación de la Historia de los Medios (sobre el desarrollo histórico en tecnologías de medios y comunicación); el centro de Medios Participativos (la investigación y creación y el codiseño de cuestiones de justicia social y accesibilidad); Artes Performativas – LePARC (la investigación y la creación en las artes escénicas y temporales); la Post Imagen (reúne a artistas e investigadores que investigan los aspectos de la representación visual, la fotografía, la post-fotografía y la creación de imágenes en torno a temas como la identidad, la historia/la memoria narrativa, la producción cultural y los problemas ambientales); el grupo *Speculative Life* (enfocado en el diseño que se produce en la intersección del arte y las ciencias de la vida, la arquitectura y el diseño, y los medios computacionales); el grupo *Technoculture, Art and Games* – TAG (la investigación y creación de juegos, cultura digital y arte interactivo); Textiles y materialidad (la investigación de las artes textiles y la cultura material, enfocado a las innovaciones técnicas y diversas formas de interacción social).

2. El *Milieux* invita a los estudiantes de grado, máster o doctorado a involucrarse en la investigación desarrollada en el instituto y a hacerse miembros. Es necesario que los estudiantes tengan recomendación de su tutor, miembro ya del Instituto *Milieux*.

3. Desde 2017 el instituto realiza la revista en línea *Pause Button*, publicada de forma irregular. Está dedicada a la tecnología y a la cultura en el contexto canadiense.

d. Financiación:

El Instituto *Milieux* está apoyado por la Oficina del Vicepresidente de Estudios de Investigación y Graduación, la Facultad de Bellas Artes y la Facultad de Artes y Ciencia de la *Concordia University*, así como por la Fundación de Investigación de Sociedad y Cultura de Quebec, el Consejo de Investigación de Ciencias Sociales y Humanidades, la Fundación de Apoyo a la Investigación de Canadá y la Fundación de Innovación de Canadá.

6.5.31. *Institute for Research in Biomedicine* - IRB *Barcelona*

a.	*País:*	*Año:*	*Fundador:*	*Vínculo académico:*
	España	2017	Sarah Sherwood	no

b. Historia y misión:

El programa de residencias artísticas del centro de investigación biomédica independiente IRB *Barcelona* se organiza desde el año 2017. El programa fue fundado por Sarah Sherwood, directora de la Oficina de Comunicaciones y Relaciones Externas de IRB.

El centro IRB basa su trabajo en la investigación multidisciplinar en las áreas de la biología, la química y la medicina. El programa de residencias tiene como objetivo ofrecer a los artistas interesados en la ciencia interdisciplinaria conexión con científicos e investigaciones y facilitar el intercambio de ideas, la exploración y el aprendizaje por ambas partes.

El programa se estableció atendiendo a la idea de similitud entre la investigación científica y artística en la medida en que las dos tratan la naturaleza del ser humano y su entorno. La presencia del artista en el ámbito científico ofrece una nueva perspectiva sobre los temas tratados por la ciencia. "Las preguntas que los investigadores se hacen proporcionan de forma natural la inspiración para la indagación artística que, al mismo tiempo, puede ofrecer una nueva perspectiva sobre el esfuerzo científico. Ambas disciplinas requieren creatividad, curiosidad e imaginación, combinadas con control, técnica y rigor."[306]

c. Programación:

El programa de residencias artísticas de IRB acoge cada año a un artista a través de la convocatoria publicada en la página web del centro. La convocatoria está abierta a artistas profesionales de cualquier disciplina interesados en la investigación en ciencias biomédicas. Las propuestas de los solicitantes tienen que estar enfocadas a la investigación desarrollada en el IRB e incluir interacción con los científicos del centro. La duración de la residencia tiene un máximo de un año. Durante el período de residencia el artista tiene estatus de miembro de IRB *Barcelona*. La organización proporciona el desplazamiento y el alojamiento del artista.

Los residentes tienen acceso a las instalaciones del centro, a las imágenes creadas en el laboratorio, a las conferencias, a los talleres, así como al contacto con los científicos y con la

[306] IRB Barcelona (sin fecha). *Programa de Residencia Artística*. Recuperado de: https://www.irbbarcelona.org/es/programa-de-residencia-artistica. (Consultado el 30.11.2017)

red de institutos colaboradores del centro. Se requiere que los participantes participen en las conferencias y en las mesas redondas o talleres sobre temas como la relación arte-ciencia, la visualización de la ciencia, la creatividad, etc.

d. Financiación:

El centro IRB Barcelona y sus actividades están financiados por diferentes fundaciones (la Fundación Obra Social la Caixa, la Fundación BBVA, la Fundación Botín, la Fundación de la Asociación Española Contra el Cáncer, la Fundación Olga Torres), organizaciones benéficas (la *Friedreich's Ataxia Research Alliance*, la Federación de Ataxias de España, etc.) y empresas (*Eppendorf*, *Promega*, *Cultek*, etc.)

Capítulo 7

Análisis comparativo y relacional basado en el estudio de casos de creadores y de organizaciones que realizan sus actividades en este sector

La interacción entre el arte, la ciencia y la tecnología toma distintas formas e implica ciertos cambios en el desarrollo de la creación artística. Desde el punto de vista organizativo, las instituciones que proporcionan el contacto entre los artistas y científicos, impulsadas por las posibilidades de colaboración entre las dos culturas, construyen distintos sistemas de fomento y promoción de este tipo de interacciones. Desde el punto de vista del proceso, los artistas desarrollan nuevas estrategias y adquieren el conocimiento y las habilidades técnicas propias de otras disciplinas. El séptimo capítulo está dividido en dos partes.

La primera parte tiene como objetivos determinar el perfil de los creadores seleccionados en el estudio de casos realizado en el quinto capítulo de esta tesis (lugar de origen/residencia, área de investigación científica que les interesa y formación curricular previa) y analizar comparativamente la producción que realizan (conceptos científico-tecnológicos implícitos en los proyectos, medios tecnológicos utilizados y procesos productivos aplicados). El análisis incluye a los siguientes 61 creadores:

Anker, Suzanne
Ashbaugh, Dennis
Ben-Ary, Guy
Benayoun, Maurice
Brakhage, Stan
Bur Johnson, Alan
Busby, Judy
Buttress, Wolfgang
Catts, Oron
Clark, Kevin
Davis, Joe
Dumitriu, Anna
Dunn, Greg
Duprat, Hubert
Edmark, John
Escher, Maurits Cornelis
Fairnington, Mark
Fisher, Rose-Lynn
Flexner, Roland
Fornasier, Emanuele
FRM
Gessert, George
Gribble, Richelle
Guerra, Cristóbal
Hesse-Honegger, Cornelia
Inomata, Aki
Kac, Eduardo
Kadonaga, Kazuo
Kamenetzky, Karen
Kemp, Klaus D.
Kesseler, Robert
MacMurtrie, Chico
Meijs, Ronald van der
Mignonneau, Lauren
Morris, Robert
Oeggerli, Martin
Possenti, Lorenzo
Quinn, Marc
Richmond, Lesley
Rinaldo, Ken
Scherer, Diana
Scott, Jill
Settles, Natalie
Shlian, Matt
Sims, Karl
Snedker Hansen, Pernille
Sommerer, Christa
Takadoi, Kazuhito
Vanouse, Paul
Vitali, Giselle
Vollmer, April
Waters Fayle, Hillary
Watz, Marius
Wigan, Willard
Wight, Gail
Woolnough, Meredith
Yanagi, Yukinori
Yanishevsky, Tatyana
Yonetani, Julia
Yonetani, Ken
Zurr, Ionat

La segunda parte estudia las organizaciones seleccionadas en el capítulo seis de la tesis que fomentan los programas artístico-científicos en sus distintos formatos. Aborda el marco cronológico del desarrollo de este tipo de organizaciones, su distribución geográfica, la procedencia profesional de sus fundadores, su inscripción en el mundo universitario y/o de investigación, las misiones y valores que proponen, el tipo de actividades que ofrecen y los modelos de financiación que utilizan. El análisis incluye las siguientes 43 organizaciones e instituciones:

Ars Electronica
Art Sail
Art the Science
Art and Science Collaborations (ASCI)
Artist in Residence Science Program, DSTI
Artists in Labs
Arts at CERN
Arts Catalyst
Australian Network for Art and Technology (ANAT)
Beakerhead
Bioart Society
Biofaction
Centro para la Promoción de la Ciencia
Center for Advanced Visual Studies (CAVS)
Coalesce BioArt Lab, University at Buffalo
Culture at Work
Electronic Art & Intermedia (EAI)
European Digital Art and Science Network
Experimenta
Exploratorium
Eyebeam
Foundation for Art and Creative Technology (FACT)
Fundación Zaragoza Ciudad del Conocimiento
Fermilab
GV Art Gallery
Harvestworks
Hexagram
Institute for Figuring (IFF)
IméRA
IRB Barcelona
LABoral Centro de Arte y Creación Industrial
Leonardo ISAST
Ligo Project
Milieux Institute
Science Gallery
Scientific Delirium Madness
SVA Bio Art Lab
Symbiotica
Synapse Art and Science
Synergy
V2_ Lab for the Unstable Media
VIDA Concurso Internacional Arte y Vida Artificial
Zentrum für Kunst und Medien (ZKM)

7.1. Comunidades de creadores. Análisis cuantitativo-cualitativo y representación gráfica de resultados y conclusiones

Los proyectos seleccionados, descritos y analizados en el quinto capítulo de este proyecto, comparten un interés común por los temas científicos. Están realizados por creadores interesados en diferentes ámbitos del conocimiento científico que han recurrido al uso de algunas de sus técnicas y de sus estrategias. Un total de 61 creadores seleccionados en este proyecto se analizan según: su distribución geográfica, su formación profesional y los medios tecnológico-científicos empleados para el desarrollo de sus proyectos artísticos.

7.1.1. Localización y distribución geográfica

Los creadores seleccionados provienen de diferentes países. La mayoría de ellos vive y trabaja en el país de procedencia, pero en algunos casos los creadores desarrollan su práctica artística en un país diferente (figura 240).

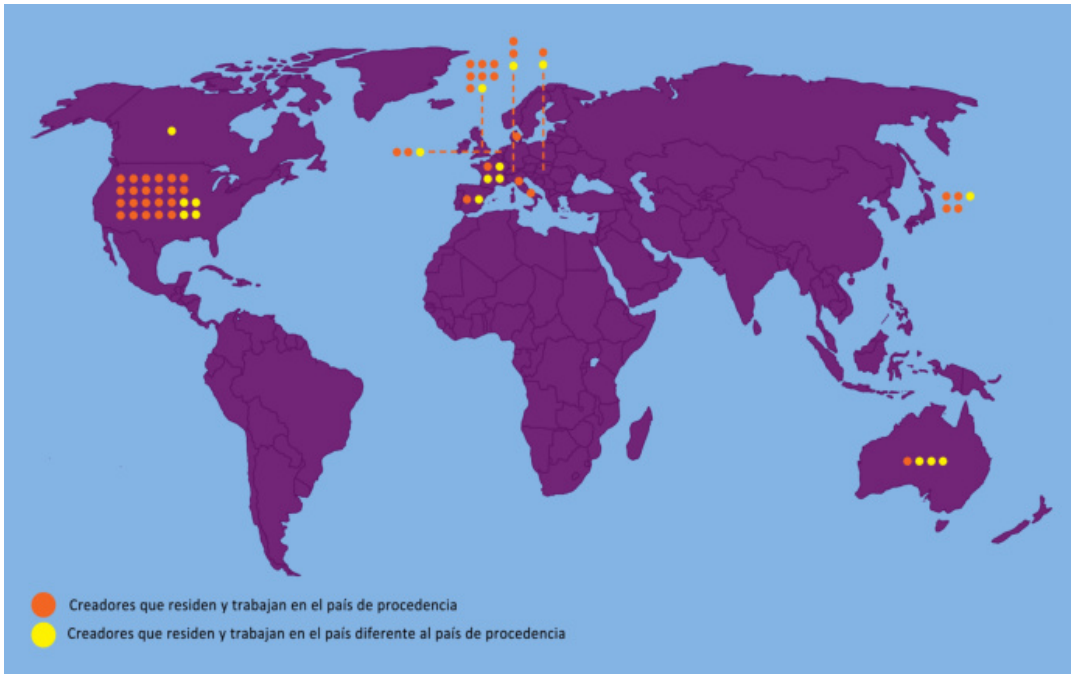


Figura 240. Clasificación de los creadores seleccionados para este proyecto teniendo en cuenta el lugar de su residencia. Fuente: Producción propia.

La mayoría de los creadores vive y trabaja en los **Estados Unidos** (26). De ellos, 22 son estadounidenses (Suzanne Anker, Dennis Ashbaugh, Stan Brakhage, Alan Bur Johnson, Judy Busby, Joe Davis, Greg Dunn, John Edmark, Rose-Lynn Fisher, George Gessert, Richelle

Gribble, Karen Kamenetzky, Chico MacMurtrie, Robert Morris, Ken Rinaldo, Natalie Settles, Matthew Shlian, Karl Sims, Paul Vanouse, April Vollmer, Hillary Waters Fyle y Gail Wight), mientras que 4 creadores vienen de otras partes del mundo (Eduardo Kac viene de Brasil, Roland Flexner viene de Francia, Tatyana Yanishevsky nació en la Unión Soviética, mientras que Marius Watz procede de Noruega).

En el Reino Unido viven y trabajan ocho de los artistas considerados. La mayoría de ellos proviene de allí (Wolfgang Buttress, Anna Dumitriu, Mark Fairnington, Klaus Kemp, Robert Kesseler, Marc Quinn y Willard Wigan), mientras que uno de ellos es solo residente y viene de Japón (Kazuhito Takadoi).

Cinco de los creadores analizados viven y trabajan en Japón. Cuatro de ellos son japoneses (Aki Inomata, Kazuo Kadonaga, Yukinori Yanagi y Ken Yonetani), pero una de ellos, la artista australiana Julia Yonetani, es solo residente.

Cuatro creadores viven y trabajan en Australia. Una de ellos, Meredith Woolnough, es australiana, mientras que los tres restantes proceden de otros países (Guy Ben-Ary viene de Israel, Ionat Zurr de Reino Unido y Oron Catts de Finlandia).

En Francia viven y trabajan cuatro de los creadores analizados. Uno de ellos, Hubert Duprat es francés, y tres de ellos provienen de otras partes del mundo (Maurice Benayoun viene de Algeria, Kevin Clark de los Estados Unidos y la artista conocida bajo el pseudónimo FRM viene de Canadá).

Tres de los creadores analizados en este proyecto viven y trabajan en Suiza. Dos son suizos (Martin Oeggerli y Cornelia Hesse-Honegger), una de ellos (Jill Scott) australiana.

En Holanda se analizaron tres creadores. Dos son holandeses, Maurits Cornelis Escher y Ronald van der Meijs, mientras que Diana Scherer viene de Alemania.

En Austria viven y trabajan dos de los creadores analizados. Se trata del tándem artístico compuesto por la austriaca Christa Sommerer y el francés Laurent Mignonneau.

En España viven y trabajan dos más. Uno de ellos, Cristóbal Guerra, es español, mientras que Giselle Vitali viene de Venezuela.

Dos de los creadores analizados viven y trabajan en su país de procedencia, Italia (Lorenzo Possenti y Emanuele Fornasier).

Una de las artistas procedente del Reino Unido, Lesley Richmond, vive y trabaja en Canadá.

En Dinamarca vive y trabaja una de las artistas (Pernille Snedker Hansen).

7.1.2. Áreas de conocimiento científico y técnicas de producción artística

Las obras y los proyectos artísticos analizados en el quinto capítulo utilizan diferentes ámbitos de conocimiento de la ciencia y emplean diferentes técnicas y herramientas procedentes del ámbito tecnológico-científico en su producción artística.

Las obras y los proyectos que se analizan están agrupados en ocho grupos de investigación artística relacionados con la ciencia: entomología (doce artistas), botánica (ocho), anatomía (tres), neurociencia (seis), genética (seis), microscopía (diez), sistemas generativos y los patrones naturales (once) y ecosistemas y bioingeniería (doce) (figura 241).

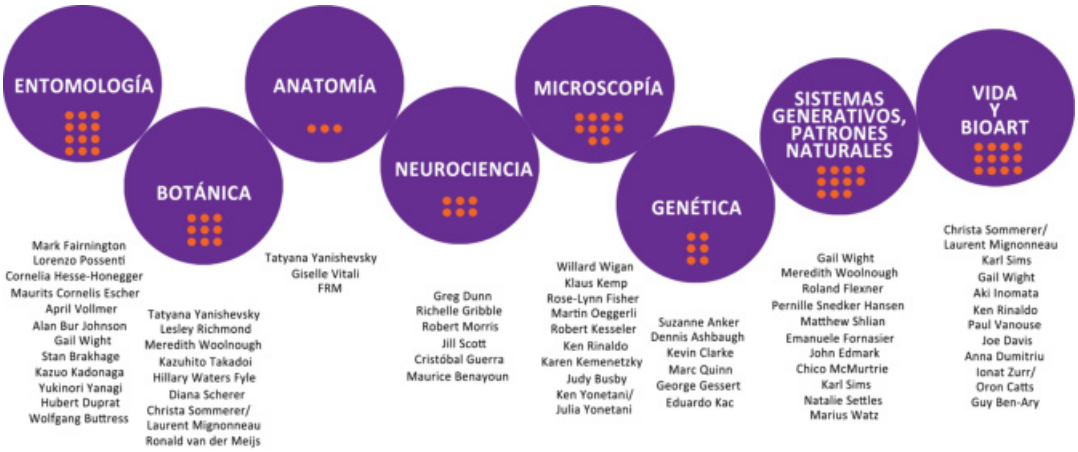


Figura 241. Clasificación de los creadores seleccionados para este proyecto teniendo en cuenta las ramas de investigación científica que tratan en su producción artística. Fuente: Producción propia.

Las 134 obras y proyectos analizados en el quinto capítulo fueron producidos entre 1940 y 2018. Pertenecen a diferentes géneros artísticos y están realizadas usando distintos medios y materiales. La amplia gama de técnicas aplicadas en la producción de las obras incluye técnicas como las artes visuales, la artesanía, la tecnología o la ciencia (figura 242).

Las artes visuales abordan las obras producidas en el campo de la pintura, el dibujo, la escultura, la ilustración, el diseño, el grabado, el vídeo, la fotografía y las instalaciones. La **pintura** está presente en la producción de Dennis Ashbaugh, que trata el campo de la genética; de Mark Fairnington, al ocuparse de la entomología; de Gregg Dunn, Richelle Gribble y Cristóbal Guerra, en torno al área de la neurociencia; y de Pernille Snedker Hansen, quien crea patrones construidos de forma natural a través de la técnica del marmoleado.

Roland Flexner y Robert Kesseler utilizan el **dibujo** a tinta china para diseñar patrones naturales e interpretar los procesos visibles bajo el microscopio. Richelle Gribble, por su

parte, recurre al dibujo en la creación de obras centradas en el campo de la neurociencia. En las obras *Solar Burn* (2011) y *Under the Influence* (2012), Gail Wight realiza dibujos inspirados en los característicos patrones de la redes de las arañas quemando papel concentrando luz solar con una lupa.

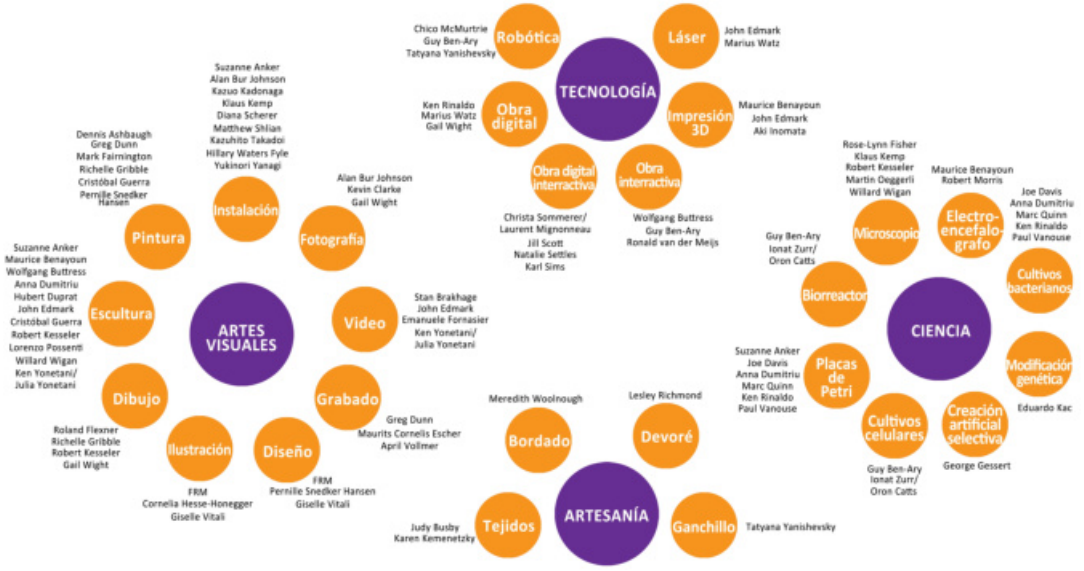


Figura 242. Clasificación de los creadores seleccionados para este proyecto teniendo en cuenta las técnicas que usan: artes visuales, artesanía, tecnología y ciencia. Fuente: Producción propia.

La **escultura** como medio de expresión tradicional aparece en la obra *Zoosemiotics* (1993), de Suzanne Anker, que trata el campo de la genética y en *Breathing Tree* (2012), de Ken y Julia Yonetani, que muestra el funcionamiento del mecanismo respiratorio de las plantas. La obra escultórica de Cristóbal Guerra, *Gran Cepa Azul* (2010), alude a la neurociencia. Willard Wigan crea micro-esculturas usando el microscopio, mientras que Lorenzo Possenti crea modelos entomológicos amplificados. Hubert Duprat elabora objetos de pequeño formato con piedras preciosas trabajadas con insectos. La obra *Singularis* (2008), de Eduardo Kac, está inspirada en las formas resultantes de la unión de una proteína humana y una proteína vegetal. Robert Kesseler produjo un conjunto de obras escultóricas de cristal, *Lens on Life* (2014), durante el proyecto *MitoSys*. Anna Dumitriu presenta partes de su proyecto *Romantic desease* (2014) en formato escultórico, creando pulmones de fieltro y piedra. John Edmark crea esculturas cinéticas siguiendo los patrones de la creación natural. Maurice Benayoun realiza formas escultóricas con una impresora 3D. El proyecto *The Hive* (2015), de Wolfgang Buttress, tiene forma de construcción escultórica de gran formato.

La técnica del grabado está presente en la producción artística de Maurits Cornelis Escher y April Vollmer, que se adentran en el campo de la entomología. Greg Dunn utiliza el micrograbado para mostrar la gran complejidad del cerebro humano.

Cornelia Hesse-Honegger, Giselle Vitali y la artista canadiense FRM desarrollan su actividad en el campo de la ilustración científica en el ámbito de la entomología y de la anatomía.

El diseño está presente en la obra de la artista FRM, *Sin título* (2011), realizada para la exposición *Silk me Back*, que incluye la impresión de una imagen sobre un kimono de seda. Giselle Vitali manipula la forma de las ilustraciones de músculos creando patrones en la serie *Universo Musculante*. Pernile Snedker Hansen trabaja la madera recurriendo a la técnica del marmoleado, cambiando la apariencia tradicional de los suelos de parqué escandinavos.

Las obras *Mothlight* (1963) de Stan Brakhage, *Imagine Tree* (2011) de Ken y Julia Yonetani, *Crystal Birth* (2016) de Emanuele Fornasier y *Natural Bloom, Cactus* (2015) de John Edmark están hechas todas ellas en formato vídeo.

La fotografía como medio de producción artística la ha usado Alan Bur Johnson en la serie *Swarm* (2008-2018), Kevin Clarke en la serie de retratos genéticos, y Gail Wight en las obras *Hexapodarium* (2014) y *The Land of Flies* (2014).

Las obras seleccionadas agrupadas bajo el término "instalación" comprenden las obras tridimensionales que no pertenecen a la escultura ni a la pintura. Aquí se recogen obras de Suzanne Anker (sus esculturas de la serie *Zoosemiotics* se pueden observar a través de un frasco de vidrio colocado en el centro del espacio expositivo), Alan Bur Johnson (realiza composiciones de piezas fotográficas instaladas sobre la pared), Kazuo Kadonaga (la serie de obras *Silk,* producidas entre 1986-2011), Klaus Kemp (las minúsculas distribuciones de las diatomeas), Diana Scherer (la serie de obras hechas a partir de raíces de plantas cultivadas con las que crea distintos patrones y que se hallan expuestas en una pared o distribuidas en un espacio), Mathew Shlian (la obra de doblado de papel), Kazuhito Takadoi (la serie de composiciones realizadas con ramas, hojas y fibras), Hillary Waters Fyle (las composiciones hechas con hojas intervenidas por la artista, cortadas y cosidas entre sí de la serie *Flora*) y Yukinori Yanagi (la serie de cajas con arena coloreada, *Union Jack*).

Las técnicas artesanales han sido aplicadas por tan solo cinco artistas y abarcan diversas técnicas de arte textil y del uso de distintos materiales: tejidos, técnicas de bordado, ganchillo y técnica de devoré. Meredith Woolnough utiliza el bordado sobre tela soluble en agua. Tatyana Yanishevsky teje con lana sus representaciones anatómicas y botánicas. Karen Kemenetzky y Judy Busby interpretan imágenes científicas microscópicas llevándolas

al campo del arte textil, componiendo materiales de diferentes tejidos. La técnica textil de devoré está presente en la obra de Lesley Richmond. La artista somete el terciopelo a un proceso químico y crea estructuras y texturas específicas inspiradas en paisajes naturales.

Muchas de las obras analizadas implican el uso de la **tecnología**. A este conjunto pertenecen las obras digitales realizadas mediante programas de ordenador, las obras interactivas y las obras digitales interactivas que usan sensores de distinto tipo, las obras desarrolladas en el campo de la robótica, la impresión 3D y las que usan el láser como herramienta para la creación artística. Las obras de Chico McMurtrie, Guy Ben-Ary y Tatyana Yanishevsky contienen elementos de robótica y de áreas de investigación interdisciplinar vinculadas a la informática y a la ingeniería. Mientras que McMurtrie fabrica estructuras controladas por mecanismos programados para mantener el movimiento de la obra, Ben-Ary conecta materias vivas con elementos robóticos poniéndolos en interacción. La obra anatómica de los pulmones realizados con la técnica del tejido, *You Take my Breath Away* (2012), de Tatyana Yanishevsky, incluye un mecanismo hinchable compuesto por ventiladores y bolsas, conectados a un interruptor y controlados por un cronómetro de ciclo repetitivo que activa los ventiladores.

Entre las obras **digitales** producidas con ordenador se encuentran la serie *Seeds* (2013), de Ken Rinaldo, donde el artista creó semillas híbridas a través del programa gráfico *Photoshop*, las obras *Kit* (2010), *Ground Plane* (2008), *Hexapodarium* (2014) y *The Land of Flies* (2014), de Gail Wight, donde la artista distribuye elementos fotografiados (alas de insectos, huesos, etc.) creando distintas composiciones con *Photoshop*, y la obra de arte generativo *Ucracking* (2014), creada por Marius Watz.

El grupo de creaciones **interactivas** incluye aquellas en las que la actuación del público espectador sobre la obra es inherente a la obra misma. Una parte de ellas usa distintos tipos de sensores. *The Hive* (2015), de Wolfgang Buttress, contiene sensores específicos de aceleración que detectan la vibración procedente de las abejas y transmiten su actividad a los espectadores a través de sonido y luces. Las obras *Time Capsule of Life* (2013) y *Time Capsule of Life 2.0* (2015), de Ronald van der Meijs, incluyen sistemas de inflado y desinflado que se activan a través de sensores de movimiento que detectan la actividad de los espectadores en el espacio expositivo. La obra *MEART- The Semi Living Artist* (2001-2006), de Ben-Ary produce dibujos basados en una fotografía de los espectadores tomada por una cámara.

El grupo de obras **digitales interactivas** supone la proyección de imágenes o vídeos sobre una superficie, normalmente una pared o una pantalla. Las obras *Interactive Plant Growing* (1992) y *Eau de Jardin* (2004), de Christa Sommerer y Laurent Mignonneau, usan sensores

de voltaje colocados en macetas con plantas que facilitan la interacción de los usuarios con la proyección digital. La obra *Phototropy* (1995), de los mismos autores, utiliza sensores fotoeléctricos que detectan la luz. *The Evolving Wallpaper* (2011-2014), de Natalie Settles, usa la tecnología de los sensores infrarrojos, que rastrean los movimientos de los espectadores facilitando su interacción con las formas proyectadas sobre la pared. La instalación *Galapagos* (1997), de Karl Sims, usa sensores de presión. Las obras de la serie *Neuromedia: Art and Neuroscience Research* (2008-presente), de Jill Scott, utilizan una gran variedad de sensores: infrarrojos, táctiles, de temperatura, piezoeléctricos de vibración, de presión, etc.
La tecnología **láser** se ha utilizado en la creación de la obra *Arc Surf Drawings* (2012), de Marius Watz, y en *Helicone* (2015), de John Edmark.

La **impresora 3D** fue utilizada por Aki Inomata en la creación de la serie *Why Not Hand Over a Shelter to Hermit Crabs?* (2009-2018), donde la artista fabricó conchas transparentes para cangrejos ermitaños; por John Edmark, en la creación de las piezas *Blooms* (2014) y *Blooms 2* (2016); por Suzanne Anker, en la realización de la obra *Remote Sensing* (2013); y por Maurice Benayoun, en la visualización de las ondas cerebrales del proyecto *Brain Factory* (2016).

El uso de **herramientas científicas** implica en los casos estudiados el uso de microscopio, placas de Petri, electroencefalógrafos y biorreactores. La aplicación de las técnicas científicas incluye cultivos de tejidos celulares y bacterianos y técnicas de modificación genética y creación artificial selectiva.

El uso del **electroencefalógrafo** está presente en la obra *Self-Portrait (EEG)* (1963), de Robert Morris. Maurice Benayoun utiliza la Interfaz Cerebro-Ordenador (ICO), capaz de capturar los datos gráficos de electroencefalografías, en su proyecto *Brain Factory* (2016).

El **microscopio** lo emplean Willard Wigan y Klaus Kemp en la producción de sus obras a pequeña escala. Rose-Lynn Fisher, Martin Oeggerli y Robert Kesseler realizan micrografías con un microscopio electrónico de barrido.

La **placa de Petri** está presente en la presentación de las obras *Vanitas in a Petri Dish* (2013), *Rainbow Loom* (2014), *Petri's Panoply* (2014) y *Remote Sensing* (2013) de Suzanne Anker. En las obras de Anna Dumitriu, Joe Davis, Ken Rinaldo, Marc Quinn y Paul Vanouse que incorporan los cultivos bacterianos, la placa de Petri también figura como herramienta del proceso creativo.

El **biorreactor** se utiliza para crear obras que incorporan técnicas de cultivo de tejidos celulares. Aquí encontramos las obras del proyecto *The Tissue Culture & Art Project* (1996 –

presente) de Oron Catts y Ionat Zurr, y las obras *CellF* (2015) y *MEART- The Semi Living Artist* (2001-2006) de Guy Ben-Ary.

Con respecto a los procesos y técnicas científicas utilizadas por los artistas, las técnicas con **cultivos bacterianos** las encontramos en las obras de Anna Dumitriu, Joe Davis, Marc Quinn, Ken Rinaldo y Paul Vanouse.

Las técnicas con **cultivos de tejidos celulares** la encontramos en Oron Catts, Ionat Zurr y Guy Ben-Ary.

Las técnicas de **creación artificial selectiva** están presentes en el proyecto *Iris Project* (1988) de George Gessert.

Los proyectos *Natural History of Enigma* (2003-2008) y *GFP Bunny* (2000) de Eduardo Kac, emplean las técnicas de la **modificación genética**.

7.1.3. Centros de estudio y formación curricular

El análisis de la formación profesional de los creadores seleccionados para este proyecto incluye cinco categorías organizadas según la disponibilidad de la información sobre las áreas de los estudios realizados (figura 243):



Figura 243. Clasificación de los creadores seleccionados para este proyecto teniendo en cuenta su formación curricular. Fuente: Producción propia.

- **Artes**. A este grupo pertenecen 40 de los creadores analizados. La mayoría de ellos se han formado en el campo de las Bellas Artes (pintura, escultura, grabado, diseño e ilustración). Algunos de los creadores (6) ampliaron su formación con estudios en campos como la ingeniería, la filosofía, las ciencias de la computación, la

pedagogía, la comunicación, la historia, la historia del arte y las ciencias de la educación.

- Ciencias. Siete de los 61 creadores analizados en este proyecto realizaron la formación profesional en el ámbito científico. Se formaron en áreas tales como las ciencias naturales, la neurociencia, la química, la biología, la biología molecular o la informática. Su práctica artística está impregnada de conocimientos y habilidades relacionadas con el ámbito de su formación.
- Arte y ciencia. La categoría de la formación mixta supone haber recibido educación tanto en el ámbito artístico como en el científico. Cuatro de los creadores analizados tienen esta formación mixta en arte y ciencias. El área artística engloba estudios en arte y diseño, mientras que las áreas científicas abarcan la biología, la horticultura, la biología y la economía.
- Áreas ajenas al arte y la ciencia. Algunos creadores se dedican a la práctica artística vinculada a la ciencia a pesar de que su formación profesional se ha llevado a cabo en ámbitos ajenos al arte y a la ciencia, o bien se trata de artistas autodidactas. Siete de los 61 creadores analizados pertenecen a este grupo. Cuatro de ellos realizaron su formación en el ámbito del derecho, la psicología, la educación artística o la historia del arte, mientras que los 3 restantes no tienen ninguna formación específica y son artistas autodidactas.
- Sin información. Debido a la falta de datos, la formación profesional de tres de los 61 creadores analizados se desconoce.

La formación en distintos ámbitos del conocimiento proporciona a los creadores conceptos y habilidades adicionales para tratar los temas científicos. Muchos de ellos aplican su conocimiento de otras áreas de estudio a su producción artística, recurriendo a herramientas y materiales científicos y a diversas tecnologías. La artista y profesora del Departamento de Diseño y Arte de los Nuevos Medios de la *University of California, Los Angeles* (EE.UU), Victoria Vesna, remarca la tendencia existente entre artistas que trabajan con los nuevos medios a permanecer en ciertas instituciones académicas donde pueden tener acceso a la tecnología requerida y a información variada sobre innovación científica.[307]

[307] Vesna, V. (2011). Science Labs as Artist Studios. En: Kluszczynski, R.W, Zawistowska-Toczek, D. (Eds.) *Towards the Third Culture: The Co-Existence of Art, Science, and Technology*. Art+Science Meeting. pp. 14-21. Laznia Centre for Contemporary Art, May 2011. National Centre for Culture, Gdansk, Poland. Pág. 17. "Additionally, many media artists work in academic institutions giving us access to cutting edge science facilities and frequently publish widely on issues surrounding our work, not necessarily depending on others to interpret it, but actively inviting dialogue and collaboration with humanities and sciences. This changes the entire dynamic of the artist´s role in academic and public engagement that was in the past frequently at once romanticised and marginalized."

7.1.4. Dispositivos artísticos y redefinición de estrategias estéticas

Las obras de arte contemporáneo seleccionadas en este proyecto de investigación tienen en común su relación con temas científicos. En algunos casos los creadores se inspiran en temas e imágenes propias de la ciencia, mientras que en otros desarrollan una colaboración estrecha con los científicos. Algunos artistas crean su obra en el estudio, mientras que otros trabajan diariamente en laboratorios de la ciencia. Un determinado número de las obras se producen usando técnicas de arte y artesanías tradicionales (dibujo, escultura, pintura, grabado, tejido, etc.), mientras que otras utilizan una gran variedad de herramientas y métodos científico-tecnológicos para su realización.

El avance tecnológico y el desarrollo de nuevas herramientas han producido un gran impacto en todas las esferas de la vida humana, así como en el área artística. El lingüista estadounidense Eugene Garfield propone como ejemplo de este impacto la invención de la fotografía a principios del siglo XIX, evento que resultó decisivo tanto para los científicos como para los artistas.[308]

El artista alemán Willi Baumeister describe las posibilidades artísticas que tiene la ampliación en la fotografía, el uso del microscopio, la imagen de los rayos X, etc. en el libro *Lo Desconocido en el Arte* (1947). El impacto del avance tecnológico en la creación artística resultó fundamental para cambiar la manera en la que el ser humano observa el mundo que le rodea. Las nuevas herramientas facilitaron a los artistas la posibilidad de trabajar de una manera diferente, dando lugar a un tipo de arte que, según el autor, consiste en crear junto a la naturaleza.[309]

El profesor de historia y filosofía de la ciencia de la *University College* de Londres, Arthur I. Miller, compara el impacto científico-tecnológico con la producción artística antes y durante los años 60. Mientras que el impacto de la ciencia en la producción artística previa a los años 60 se limitaba a la aportación de ideas y conceptos, a partir de esta década se incorporaron herramientas, materiales y técnicas propias de la ciencia y la tecnología.[310]

---

[308] Garfield, E. (1989). Art and Science. Part I. The Art-Science Connection. En: Garfield, E. (1989). *Essays of an Information Scientist: Creativity, Delayed Recognition, and other Essays. Vol. 12*. pp. 54-61. Current Contents # 8, pp. 1-10, February 20, 1989. Pág.57. "One such technological development was the invention of photography in the early nineteenth century. Photography provides another means of recording and interpreting the world—an activity, as we noted earlier, that is fundamental to both artists and scientists."

[309] Baumeister, W., Skrypzak, M.J., Hoffmann, T. (1947). *The Unknown in Art*. Stuttgart: Willi Baumeister Stiftung, 2013. Pág. 134. "Art lost the connection to the "observation" of nature and liberated itself from it... The more art liberates itself from all ties, the more it will become pure art. Even so, gaining purified intrinsic values brings it closer to nature. It forms—not after nature, but just like nature. … Although the contemporary artist is no longer occupied externally with the imitation of nature but generates works in a manner comparable to nature, his art will nevertheless remain predetermined by the general attitude: a model of everything visible."

[310] Ginn, B. (el 6 de marzo, 2015). *Art & Science: Q&A with Arthur I. Miller*. BURNAWAY. Recuperado de: https://burnaway.org/interview/art-science-qa-arthur-miller/. (Consultado el 24.05.2018). "Previous to the early

La artista y científica Johanna Kieniewicz observa que los artistas que usan herramientas y materiales científicos suelen dedicar un tiempo considerable a indagar sobre aquellos medios que les resultan más adecuados para la exploración del tema específico que han considerado de su interés. Aplicándolos posteriormente a su proceso creativo, este tipo de artistas ofrece a los científicos una nueva perspectiva con la que observar y tratar sus investigaciones.[311]

Muchas herramientas requieren la formación técnica del artista para su uso. Los laboratorios científicos dirigidos a la creación artística (*SymbioticA* en Australia, *Coalesce BioArt Lab* y *SVA Bio Art Lab* en Estados Unidos) ofrecen a los artistas ayuda de personal científico para aprender, de forma correcta y segura, lo necesario respecto al uso de herramientas y materiales. La profesora del Departamento de Diseño de Artes Mediáticas de la Universidad de California (EE.UU), Victoria Vesna, sugiere que la disponibilidad de medios tecnológicos y científicos favorece que las colaboraciones sean más frecuentes entre artistas y científicos.[312]

La coordinadora académica de *SymbioticA* y artista, Ionat Zurr, observa el impacto positivo que la tecnología científica ejerce sobre la producción artística. Usando técnicas y materiales de otras disciplinas, los artistas crean nuevas perspectivas e ideas sobre su posible aplicación y efectos. La autora describe la libertad de acceso y uso de las herramientas científicas disponibles en el caso de *SymbioticA* de la *University of Western Australia*, laboratorio pensado para la creación artística en un espacio abierto a nuevas culturas y perspectivas.[313]

El problema del acceso y de la disponibilidad de las herramientas científicas a los artistas fue fundamental para crear el laboratorio *SymbioticA* en el año 2000. A diferencia de aquellos

1960s, artists were influenced by science, technology, and mathematics, as were Picasso, Duchamp, Kandinsky, Malevich, and Mondrian. They used the ideas of science and technology but not the mediums themselves. In the beginning of the 1960s, a lot of electronic equipment became available and artists wanted to use it."

311 Kieniewicz, J. (el 19 de junio, 2013). *Why Art and Science?* At the Interface. Plos Blogs. Diverse Perspectives on Science and Medicine. Recuperado de: http://blogs.plos.org/attheinterface/2013/06/19/why-art-and-science/ (Consultado el 18.05.2018). "Rather, by immersing themselves in the ideas of science, artists expose themselves to the big questions of life from a different perspective and add new and exciting set of media to the toolbox with which they are able to explore these 'big questions'."

312 Vesna, V. (2011). Science Labs as Artist Studios. En: Kluszczynski, R.W, Zawistowska-Toczek, D. (Eds.) *Towards the Third Culture: The Co-Existence of Art, Science, and Technology*. Art+Science Meeting. pp. 14-21. Laznia Centre for Contemporary Art, May 2011. National Centre for Culture, Gdansk, Poland. Pág. 16-17. "It is only in very recent history that more serious, deeper collaborations have emerged between artists and scientists, which could be partially attributed to both using similar computer technologies as the main tools."

313 Ross, P. (el 29 de octubre, 2015). A Conversation with Ionat Zurr. Art Practical. Recuperado de: https://www.artpractical.com/feature/a-conversation-with-ionat-zurr/. (Consultado el 07.03.2019). "We dreamed that this would be a place where artists and people from other disciplines could work with these technologies and could meditate about what can be done with them, considering how this affects the environment, society, and themselves in particular."

laboratorios que acogían artistas en residencia y en los que los artistas dependían del personal especializado para acceder a los materiales y herramientas científico-tecnológicas, el laboratorio *SymbioticA* facilitaba la libertad de uso de las herramientas y de los materiales disponibles. En una entrevista realizada por el artista John A. Douglas, el director de *SymbioticA* y artista Oron Catts describe este laboratorio como un lugar en el que los artistas tienen una posición de igualdad con respecto a la que tienen otros investigadores. Esto implica el uso libre de todas las instalaciones del laboratorio, así como la ayuda necesaria de los compañeros del ámbito científico.[314]

La artista y directora del *SVA BioArt Lab,* en la *School of Visual Arts* de Nueva York (EE.UU), Suzanne Anker, fomenta la idea de facilitar la disponibilidad de herramientas científicas a estudiantes de Bellas Artes, de modo similar a la que tienen respecto a recursos de trabajo como nuevos medios, vídeo o fotografía. En una entrevista para la *Yale Radio*, Anker describe el *SVA BioArt Lab* como un laboratorio artístico donde el uso de las instalaciones, combinado con la imaginación, ofrece inmensas posibilidades a la producción artística.[315]

La disponibilidad de materiales, herramientas y técnicas científico-tecnológicas amplía las posibilidades de expresión y creación contemporáneas. En este proyecto se han analizado obras que utilizan medios tecnológicos (ordenadores, robótica, impresión 3D, tecnología láser, sensores) y medios científicos (microscopio, electroencefalógrafo, biorreactor, placa de Petri, técnicas de modificación genética, creación artificial selectiva y cultivos bacterianos y de tejidos). Los artistas aplican los medios tecnológicos y científicos en la creación artística, cambiando su contexto y propósito.

Un importante número de artistas utiliza herramientas científicas en la producción de su obra. El microscopio lo utiliza Willard Wigan para crear esculturas minúsculas y Klaus Kemp para hacer composiciones con diatomeas. Rose-Lynn Fisher, Martin Oeggerli y Rober Kesseler hacen micrografías, usando el microscopio como cámara. La placa de Petri es usada como instrumento expresivo en la creación de los artistas que trabajan con cultivos bacterianos (Anna Dumitriu, Joe Davis, Marc Quinn, Ken Rinaldo y Paul Vanouse). El electroencefalógrafo lo utiliza Robert Morris para la creación de su autorretrato.

---

[314] Douglas, J.A. (el 27 de abril, 2015). *Interview with Director of Symbiotica Lab Oron Catts*. Recuperado de: https://vimeo.com/126117008. (Consultado el 15.03.2018). "It was extremely important for me that the artists who come to do research here don´t have to go through … constant begging for favours, an attitude that seems to prevail this type of artistic residencies. The establishment of Symbiotica is a research lab within school made researchers as equal to all of the other researchers."

[315] Carey, B. (el 20 de julio, 2016). *Suzanne Anker*. Praxis Interview Magazine, WYBCX, Yale Radio. Recuperado de: https://museumofnonvisibleart.com/interviews/suzanne-anker/. (Consultado el 22.05.2018). "This is the cutting edge of working with the tools of science to make art. This is not a scientific laboratory, it is about a place where the imagination can trump the scientific method, which you can not do in a science laboratory."

Otros artistas incorporan estas herramientas en la exposición de su obra, cambiando así la estética de su presentación. Suzanne Anker utiliza las placas de Petri como un soporte instrumental donde coloca objetos de distinto origen en las series *Vanitas in a Petri Dish* (2013), *Rainbow Loom* (2014) y *Petri's Panoply* (2014).

Vanitas in a Petri Dish (2013) se compone de una serie de 24 fotografías de 50x50cm. La artista coloca distintos objetos naturales o sintéticos encontrados (comida, joyas, ramas, hojas, insectos, etc.) en las placas de Pertri y los fotografía sobre un fondo negro (figura 244).



Figura 244. Suzanne Anker, *Vanitas in a Petri Dish*, impresión de inyección de tinta, 50x50cm c/u (2013).
Fuente: http://suzanneanker.com

La instalación *Petri's Panoply* (2014) contiene 186 placas de Petri con objetos encontrados por la artista durante una estancia que realizó en Alemania, y las distribuye cuidadosamente sobre una mesa de madera (figura 245). La distribución de las placas y su contenido se organiza según la preferencia de la artista.

La instalación *Rainbow Loom* (2014) contiene 366 placas de Petri llenas de objetos encontrados por la artista durante su estancia en China, esta vez distribuidas sobre la mesa en función de los colores de los objetos alojados en su interior (figura 246). Los colores del contenido presentado en las placas de Petri varían de tonos: negros, verdes, morados, azules, naranjas, rojos, rosas, amarillos, e incluso pueden ser transparentes.[316]

[316] Anker, S. (2015). Petri(e)`s Panoply. *Naturally Hypernatural, Antennae, The Journal of Nature in Visual Culture, Issue 34*, winter 2015, pp. 5-16. Recuperado de: http://www.suzanneanker.com/wp-content/uploads/ANTENNAE-ISSUE-34.pdf. (Consultado el 09.01.2019). Pág. 10. "From deep greens to charcoal blacks, from transparent materials to the utterly opaque, from smooth textures to viscous ones, a table was set to delight the eye."



Figura 245. Suzanne Anker, *Petri´s Panoply*, 186 placas de Petri, objetos encontrados por la artista en Alemania, 91,4x244x91,4cm (2014). Detalle. Fuente: http://suzanneanker.com



Figura 246. Suzanne Anker, *Rainbow Loom*, 366 placas de Petri, objetos encontrados por la artista en China, 91,4x487,7x91,4cm (2014). Fuente: http://suzanneanker.com

En la obra de Anker la placa de Petri indica que los objetos se encuentran en un contexto de investigación. En el artículo *Petri(e)`s Panoply* (2015), Anker observa el cambio conceptual que se produce en los elementos científicos cuando son utilizados en la producción artística. Mientras que en el mundo científico la placa de Petri sirve para cultivar células, en el mundo artístico sirve para "cultivar" las ideas y los conceptos tratados por el artista.[317]

La artista Anna Dumitriu utiliza cultivos bacterianos como un medio expresivo y los equipara a los medios artísticos tradicionales. Durante su estancia como artista en residencia en el proyecto *Modernising Medical Microbiology,* de la *University of Oxford* (Reino Unido), Dumitriu colaboró con científicos aprendiendo las técnicas y el uso de los materiales necesarios para realizar estos cultivos. La artista usa el calicó de algodón (tejido), las placas de Petri con cultivos bacterianos, tintes para las pruebas de diagnóstico y antibióticos para controlar la forma en la que las bacterias crecen, y tiñe las telas aplicando las bacterias sobre ellas (figura 247).[318]

[317] Anker, S. (2015). Petri(e)`s Panoply. *Naturally Hypernatural, Antennae, The Journal of Nature in Visual Culture. Issue 34*, winter 2015, pp. 5-16. Recuperado de: http://www.suzanneanker.com/wp-content/uploads/ANTENNAE-ISSUE-34.pdf. (Consultado el 09.01.2019). Pág. 5. "In this real or imagined container a concept or a substance, if allowed to ferment, will sprout its hidden dimensions. From seeds, to politics, to toxic environments inside, such a dish brings forth a host of arresting results... Many artists are currently working with this object, sometimes as conceptual signifiers of scientific nomenclature with its processes, and at other times as sterile containers for microbes and cells."

[318] McNay, A. (el 3 de septiembre, 2015). Anna Dumitriu: 'Bacteria are living organisms that you can work with – almost in a painterly kind of way'. Studio International. Recuperado de: https://www.studiointernational.com/index.php/anna-dumitriu-interview-microbiology-bacteria-imagery-faecal-transplants. (Consultado el 07.03.2019). "They're like an artistic medium. I use cotton calico a lot, which is used for painting, too, and I apply the bacteria to the material, embedded in petri dishes, and then I add antibiotics to control where the bacteria will grow. By doing this, you can create patterns in the textile. I use dyes that are usually used for diagnostic tests and they cause certain bacteria to grow in certain colours."

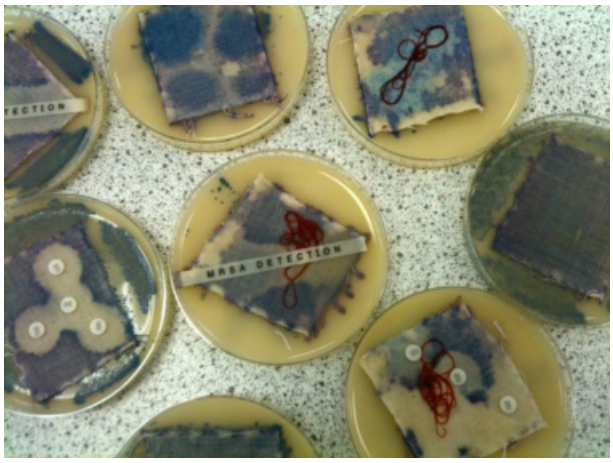


Figura 247. Anna Dumitriu, *MRSA Quilt* (2012). Proceso de creación.
Fuente: https://annadumitriu.co.uk

Los artistas que desarrollan sus actividades en el laboratorio *SymbioticA,* de la *University of Western Australia*, Oron Catts, Ionat Zurr y Guy Ben-Ary emplean cultivos celulares y tejidos vivos como medio de su expresión artística. El proyecto *Tissue Culture and Art Project* (1996-presente), desarrollado por Catts y Zurr, está dedicado a la compresión del concepto de 'vida'.[319]

En una entrevista realizada para la revista en línea *Art Practical*, Zurr observa que los artistas que nunca han tenido experiencia usando técnicas de cultivos de tejidos o tecnologías propias de laboratorios tienen expectativas mucho más elevadas sobre el producto final de su trabajo. Una vez adquieran el conocimiento adecuado sobre su uso y aplicación, toman conciencia de que sus posibilidades son limitadas.[320] Las obras que forman parte del proyecto están hechas con células vivas. Su presentación supone el uso de ciertos biorreactores que mantienen los objetos semivivos.

En el texto *The Aesthetics of Reason and Care* (2012), Ryszard Kluszczynski describe las obras de arte creadas en un laboratorio. Cuando se exponen en una galería, las obras del proyecto incluyen herramientas de laboratorio, de modo que estas últimas terminan formando parte de las primeras. En el caso del proyecto *Tissue Culture & Art Project,* creado

[319] QAGOMA (el 17 de febrero, 2011). Oron Catts | Brisbane Interview. Recuperado de: https://www.youtube.com/watch?v=gIajqexlMZc. (Consultado el 07.03.2019). "We started to get interested in what we let us look at this idea of the growing gap between our cultural understandings of life and then what we know about life or what we are learning about life through science, but even more importantly what we choose to do to life with technology."

[320] Ross, P. (el 29 de octubre, 2015). A Conversation with Ionat Zurr. Art Practical. Recuperado de: https://www.artpractical.com/feature/a-conversation-with-ionat-zurr/. (Consultado el 07.03.2019). "When artists start to work with the technologies and talk to the scientists, they realize that all the things that they hear and observe through the media are actually hard to do: the realities are much smaller; the possibilities are much smaller."

por Oron Catts y Ionat Zurr, las obras requieren ser expuestas dentro de biorreactores especialmente diseñados para la ocasión, tal como ocurre con *Semi-Living Worry Dolls* (2000), *NoArk* (2007) y *Victimless Leather* (figura 248). Kluszczynski observa que la forma de exponer las obras implica un nuevo tipo de estética que implementa una manera científica de interpretar el mundo.[321]

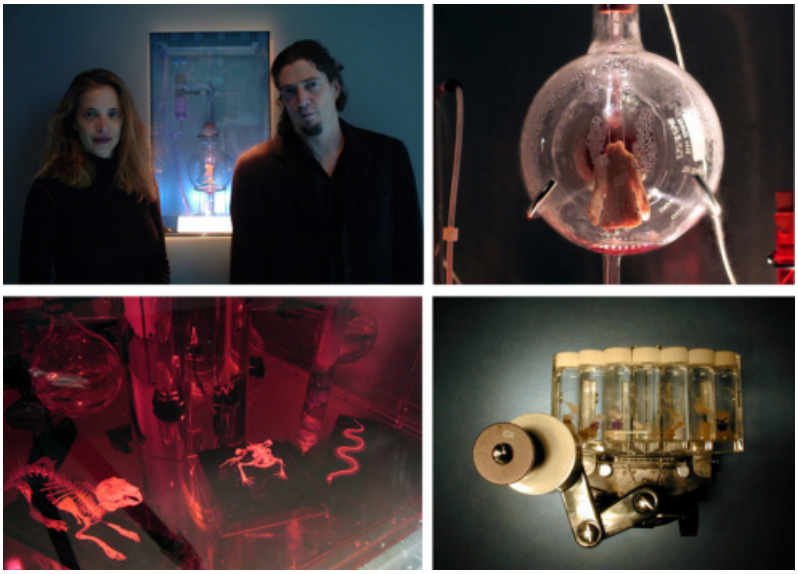


Figura 248. Oron Catts y Ionat Zurr, *Tissue Culture and Art Project* (1996-presente). De izquierda a derecha y de arriba abajo: artistas con la obra *Victimless Leather*, CEPA *Gallery*, Buffallo, EE.UU (2008); *Victimless leather* (2004). Detalle; *NoArk* (2007). Detalle; *Semi-Living Worry Dolls* (2000). Fuente: www.cepagallery.org, www.wired.com, http://arhiv.kiblix.org y https://tcaproject.net

Ionat Zurr utiliza términos como "estética de lo crudo", "estética de la decepción" o "estética de lo post-humano" para describir las obras del *Tissue Culture and Art Project* en el artículo *Of instrumentalisation of life and the vitality of matter: Aesthetics of creation and control for post-human worlds* (2012).[322]

[321] Kluszczyński, R.W. (2012). The Aesthetics of Reason and Care. En: Zawistowska-Toczek, D., Anessi, T. y Moran, M. (Eds.) *Crude Life. The Tissue Culture & Art Projects. Oron Catts + Ionat Zur.* Art+Science Meeting. pp. 72-91. Laznia Centre for Contemporary Art, 30 March – 22 April 2012. National Centre for Culture, Gdansk, Poland. Pág. 82. "The equipment is not subordinated to formal, purely aesthetical aims, but rather offers viewers hybrid experiences, opening them up to a world reconstructed on scientific principles, embedding them in a postbiological biotechnosphere."

[322] Zurr, I. (2012). Of instrumentalization of life and the vitality of matter: Aesthetics of creation and control for post-human worlds. *Dialogues in Human Geography*, *2*(3), pp. 288–291. https://doi.org/10.1177/2043820612468647. Pág. 290. "We are celebrating the aesthetics of the crude rather than the efficient, and the aesthetics of disappointment rather than the aesthetics of hype. … Post-human aesthetics of vibrancy and agency of matter are best utilized by artists in the form of presentation (rather than representation) in the form of the messy wet corporeal (rather than hard cold code) as that is what we are – mortal, humble, moist, leaking bodies, depending on our ecology and environment for survival and definition, and hanging tightly to the illusion of a defined, consistent self over time."

La obra *CellF* (2015), de Guy Ben-Ary, incluye una mezcla de elementos tecnológicos y científicos. El artista cultiva redes neuronales en una placa de Petri especialmente diseñada que está conectada a una placa con una matriz de electrodos múltiples (*Multi Electrode Array* – MEA). Junto a los sintetizadores modulares, este sistema se encuentra colocado dentro del cuerpo metálico de la instalación. La obra tiene el aspecto de una máquina con cables y contenedores metálicos y de cristal en su interior (figura 249). Su estética específica, Ben-Ary la describe como la propia de un laboratorio electro-fisiológico.[323] En el vídeo sobre la obra, *cellF - Video Documentation* (2016), el artista explica que la belleza puede formar parte de la obra, pero no representa su objetivo.[324] El objetivo es el proceso de investigación sobre un tema específico tratado de forma poética y creativa.

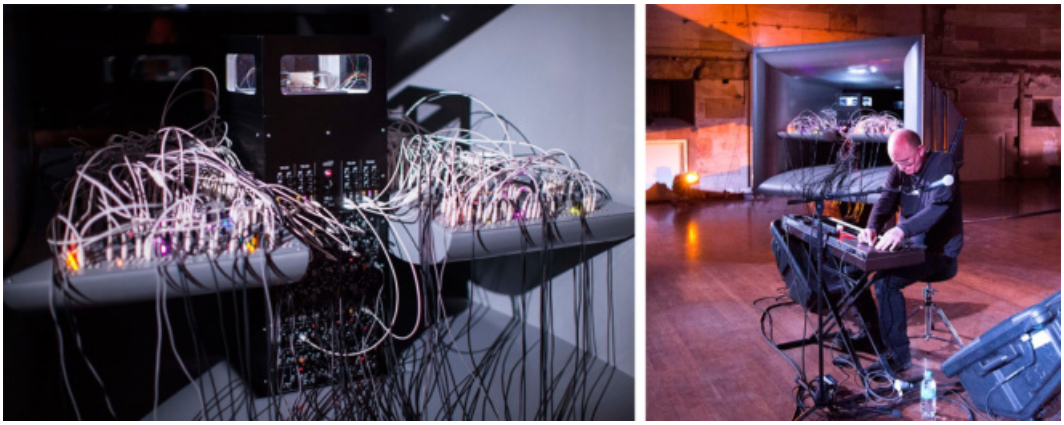


Figura 249. Guy Ben-Ary, *CellF* (2015). De izquierda a derecha: cultivo de las neuronas conectado a los sintetizadores modulares; performance con el pianista Chris Abrahams. Fuente: http://guybenary.com

En el libro *High Techne: Art and Technology from the Machine Aesthetic to the Posthuman* (1999), el profesor de la *University of Notre Dame,* en Indiana (EE.UU), R. L. Rutsky, escribe sobre la estética *high-tech* presente en la era de la unión del arte con la tecnología y el cambio de nuestra percepción sobre la estética clásica. Las raíces de la estética *high-tech* se encuentran en la estética de la máquina. Aunque los dos tipos de estética tratan la tecnología como un fenómeno estético en la obra, la diferencia entre ellos yace en el hecho de que la estética de la máquina mantiene la forma funcional dentro de la obra, mientras

[323] Ben-Ary, G. (sin fecha). *CellF*. Guy Ben-Ary. Recuperado de: http://guybenary.com/work/cellf/. (Consultado el 19.09.2017). "CellF has been designed to be a sound-producing 'body' comprised of the neural networks and an array of analogue modular synthesizers. The aesthetics of the synthesizer, which are similar to that of an electrophysiological laboratory, fits my vision perfectly."

[324] Durham, P. (el 4 de agosto, 2016). Guy Ben-Ary's CellF: playing with neurons. *The Australian*. Recuperado de: https://www.theaustralian.com.au/arts/music/guy-benarys-cellf-playing-with-neurons/news-story/db746384f6b5ca3f15c3c711a7002725?nk=3d9d3cd795ae565ce6ff6f701b213ceb-1548677880. (Consultado el 28.01.2019). "When we talk about art and science, there's a lot of people who think this is it... Put it in a gallery because it's beautiful. … But the work we're doing is not about beauty. It's part of it, but for me this beautiful movie is just part of the process."

que la estética *high-tech* a menudo separa la función tecnológica en la presentación de la obra.[325]

La estética *high-tech,* comprendida de esta manera, supone formas tecnológicas convertidas en elementos estilísticos y estéticos, como en el caso de la obra *Pneumothorax Machine,* de Anna Dumitriu, que forma parte del proyecto *Romantic Desease* (2014). La artista utiliza el instrumento médico que solía aplicarse en el pasado en el tratamiento de la tuberculosis con otro propósito. Dumitriu talló la textura de los pulmones en su superficie, privando al instrumental de su función original y atribuyéndole una función estética de obra de arte (figura 250).



Figura 250. Anna Dumitriu, *Pneumothorax Machine*, *Romantic Desease* (2014). De izquierda a derecha: Vista general de la obra; detalle. Fuente: www.axisweb.org

[325] Rutsky, R. (1999). *High Techne: Art and Technology from the Machine Aesthetic to the Posthuman*. Electronic Mediations #2, University of Minnesota Press, 1999. Pág. 12. "The modernist machine aesthetic, however, continues … to hold to the myth of functional form. It never acknowledges that, in its abstraction and reproduction of technological form, its "aestheticization" of technological style, form has been separated from function. In the high-tech aesthetic, on the other hand, this separation of technological form and function is often readily apparent..."

7.2. Comunidades institucionales. Análisis cualitativo y representación gráfica de resultados y conclusiones

Los proyectos colaborativos realizados en la zona de intersección entre el arte, la ciencia y la tecnología están financiados por distintas organizaciones e instituciones. Con su programación, ellas promueven los trabajos artístico-científicos y facilitan el contacto entre los profesionales de diferentes ámbitos de conocimiento.

Las 43 organizaciones e instituciones seleccionadas en este proyecto, analizadas en el sexto capítulo, se han observado desde siete puntos de vista. El primero de ellos considera el análisis cronológico, según el año en que aparecieron las organizaciones de este tipo. El segundo trata su posición geográfica. El tercer punto de vista toma en cuenta el sector profesional del que provienen sus fundadores. El cuarto abarca la motivación para su fundación y los objetivos que promueven. El quinto punto de vista está centrado en el tipo de programación que ofrecen. El sexto analiza en qué se vincula este tipo de organizaciones con las universidades e instituciones educativas. El séptimo y último punto trata la forma en que se financia el desarrollo de las actividades.

7.2.1. Informe cronológico de los años fundacionales

El análisis cronológico incluye las 43 organizaciones seleccionadas para este proyecto, desarrolladas en el período desde 1967 a 2017 (figura 251).

Las primeras organizaciones basadas en la idea sobre la interacción del arte, la ciencia y la tecnología fueron *Center for Advanced Visual Studies* (CAVS) y el museo *Exploratorium*, fundadas en Estados Unidos a finales de los años 60. En los años 70 aparecen *Harvestworks* en Estados Unidos y *Ars Electronica* en Austria. En los años 80, *V2_* en Holanda, *Leonardo ISAST* y *Art&Science* Collaborations en Estados Unidos, *Australian Network for Art and Technology* (ANAT) en Australia y *Zentrum für Kunst und Medien* (ZKM) en Alemania. *Art Catalyst* en Reino Unido, *Eyebeam* en Estados Unidos y el Concurso VIDA en España aparecieron en los años 90. Más de la mitad (31) de las organizaciones analizadas fueron fundadas en el siglo XXI. Dieciséis de ellas aparecen en la primera década del siglo XXI, mientras que las 15 restantes lo hacen en la segunda, entre 2011 y 2017.

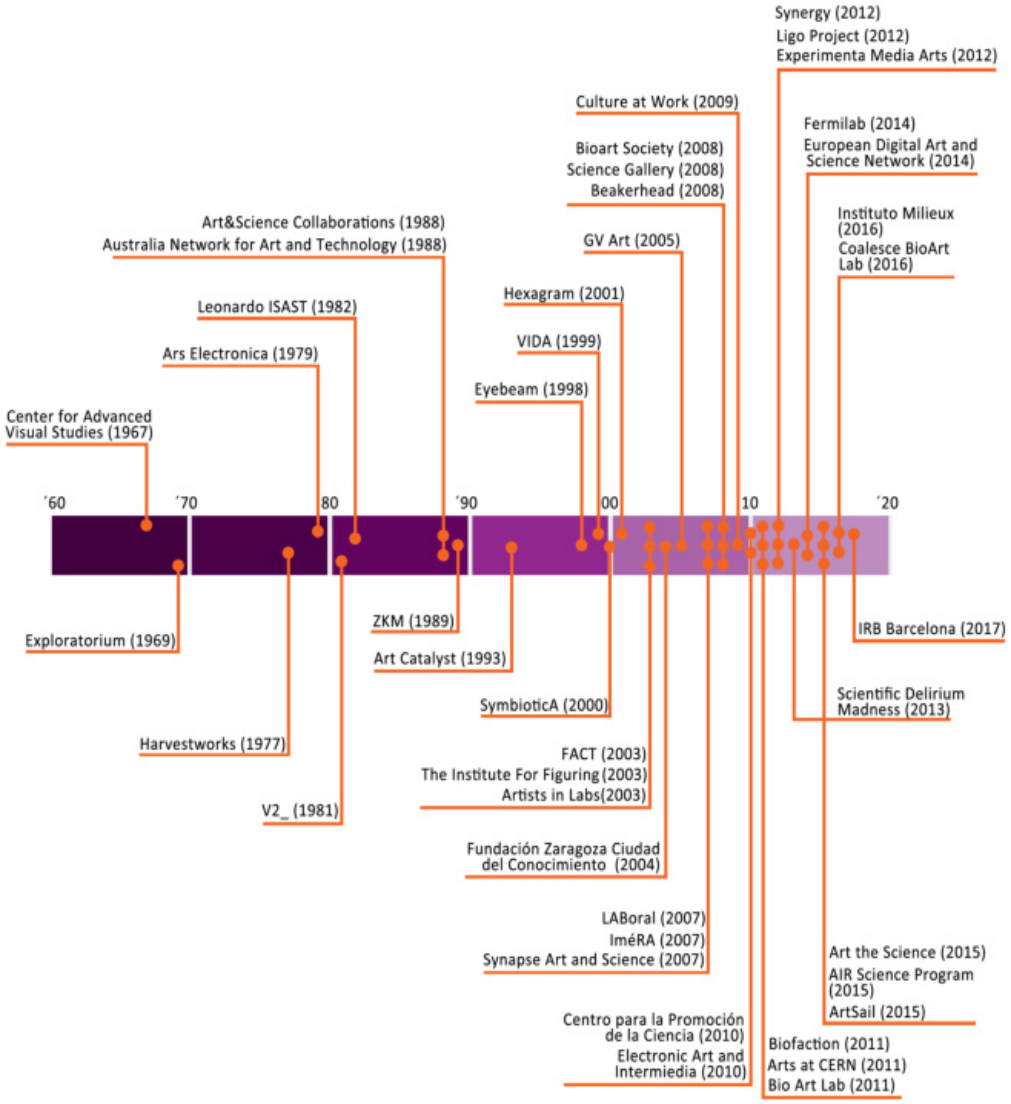


Figura 251. Clasificación cronológica de las organizaciones dedicadas a la relación arte-ciencia-tecnología seleccionadas para este proyecto. El gráfico abarca el periodo entre el 1967-2017. Fuente: Producción propia.

7.2.2. Localización y distribución geográfica

Por lo que respecta a la posición geográfica, la mayoría de las organizaciones analizadas provienen de Europa (18) y los Estados Unidos (16). El resto de ellas se encuentra en Canadá (4) o Australia (5) (figura 252).

Observando el marco europeo, las organizaciones seleccionadas proceden de los siguientes países: España (4), Reino Unido (3), Austria (3), Holanda (1), Alemania (1), Francia (1), Finlandia (1), Irlanda (1), Suiza (2) y Serbia (1) (figura 253).

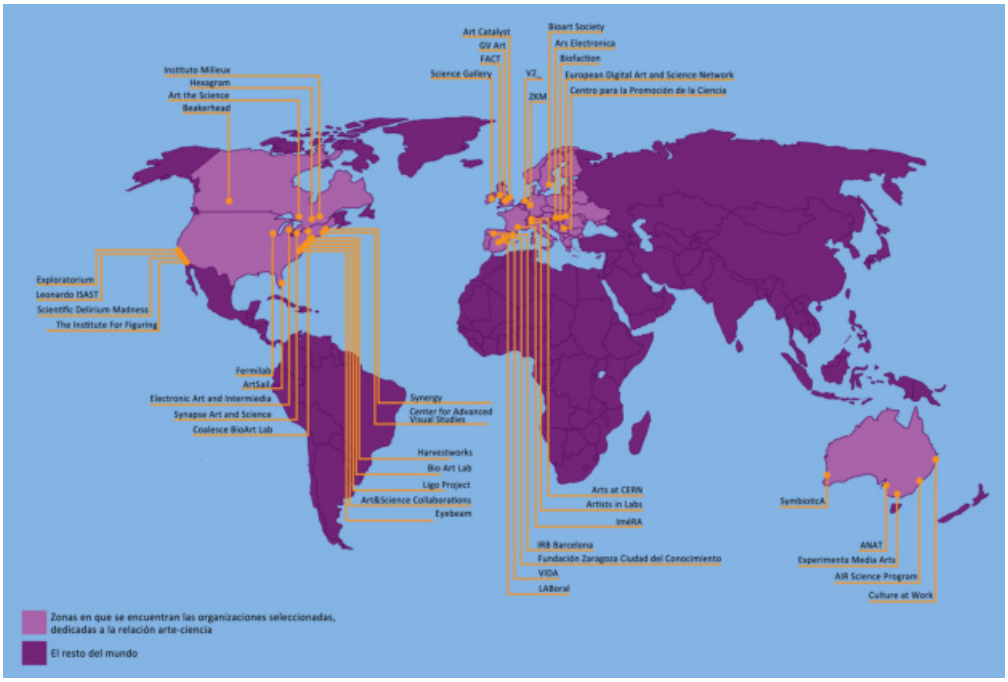


Figura 252. Clasificación de las organizaciones dedicadas a la relación arte-ciencia-tecnología según su localización mundial. Fuente: Producción propia.

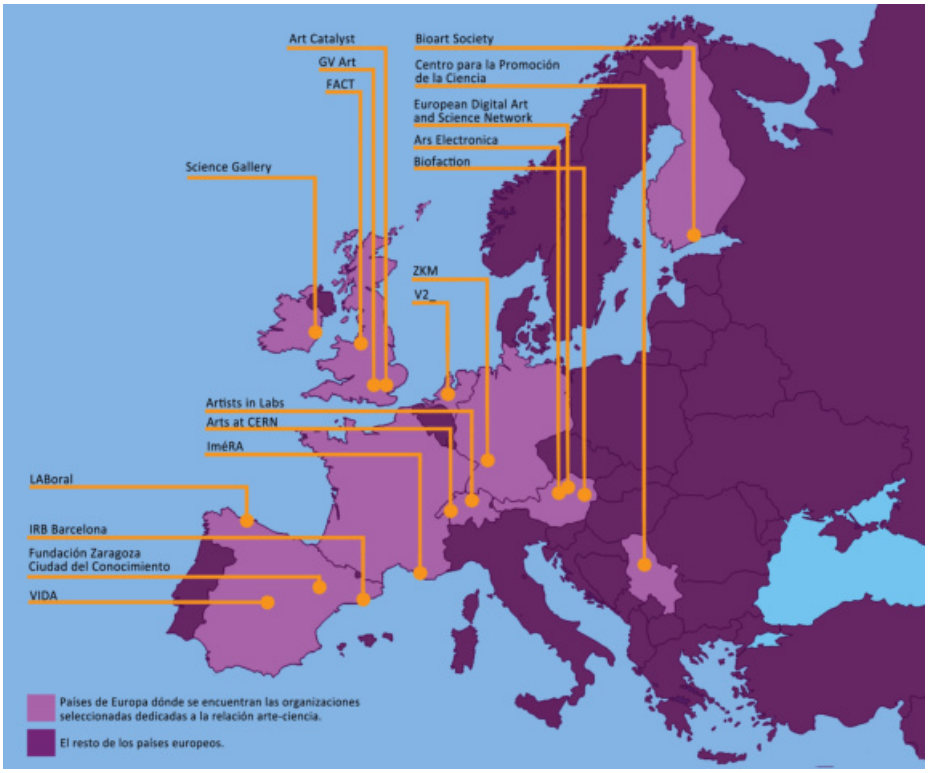


Figura 253. Clasificación de las organizaciones europeas dedicadas a la relación arte-ciencia-tecnología según su localización. Fuente: Producción propia.

7.2.3. Disciplinas integradas

Los fundadores de las organizaciones analizadas provienen de distintos ámbitos del conocimiento. En primer lugar se analizó la formación profesional de los fundadores individuales con el fin de determinar su relación con el ámbito artístico-científico. Las personas analizadas se pueden clasificar en cuatro grupos, según el área profesional al que pertenecen. El primer grupo incluye el ámbito del arte (artistas visuales, músicos, compositores, cineastas que compatibilizan su actividad con la docencia, investigadores, comisarios, autores y empresarios). El segundo grupo recoge el ámbito de la ciencia (biología celular, microbiología, física, química, neurociencia, oceanografía, astronomía). El tercero incluye las profesiones relacionadas con las humanidades (sociología, antropología, historia, historia de arte, comisariado, gestión cultural, periodismo, escritura, divulgación científica). El cuarto, los individuos que desarrollan su actividad profesional en más de una rama del conocimiento (se encontraron tres combinaciones profesionales entre los individuos analizados: ciencia-escritura, ciencia-composición y arte-neurociencia).

En segundo lugar se analizó si las organizaciones seleccionadas fueron establecidas por un individuo o por un grupo de personas, con atención al ámbito en que desarrollan su actividad profesional.

Organizaciones establecidas por los individuos. El sector de la actividad profesional de sus fundadores se puede dividir en quienes trabajan en las artes, en quienes trabajan en las ciencias y en quienes lo hacen en el campo de las humanidades (figura 254).

El primer grupo incluye a los fundadores pertenecientes al ámbito artístico (10): el *Center for Advanced Visual Studies* (CAVS) fue creado por el artista húngaro György Kepes; la artista Cynthia Pannucci fundó la organización *Art&Science Collaborations, Inc.* (ASCI); *Eyebeam* fue fundado por el cineasta y empresario John S. Johnson; *Hexagram* fue fundado por el artista y profesor Jean Dubois; el programa *Artists in Labs* fue fundado por la artista Jill Scott; la iniciativa *Synapse Art and Science* fue fundada por el artista y profesor Matthew Kolodziej; la artista Sherryl Ryan fundó la organización *Culture at Work*; el artista y profesor Adam Brown estableció el curso *Electronic Art and Intermiedia* (EAI) en el Departamento de Arte, Historia de Arte y Diseño de la *Michigan State University* (EE.UU); la artista y profesora Suzanne Anker fundó la SVA *Bio Art Lab*; *Coalesce BioArt Lab* fue fundado por el artista y profesor Paul Vanouse.

El segundo grupo incluye a los fundadores que pertenecen al sector de las humanidades (10): el ZKM fue fundada por el historiador de arte Heinrich Klotz; la organización *Art Catalyst* fue fundada por la comisaria, investigadora y escritora Nicola Triscott; *Foundation for Art and Creative Technology* (FACT) fue fundada por el comisario Eddie Berg; la galería

GV Art fue establecida por el productor y comisario Robert Devcic; el historiador Robert Ilbert fundó el Instituto de Estudios Avanzados – IméRA; LABoral Centro de Arte y Creación Industrial fue establecido por la gestora cultural Rosina Gómez-Baeza; el programa *Arts at CERN* fue fundado por la gestora cultural Ariane Koek; el programa de residencias *ArtSail* fue establecido por la comisaria Ombretta Agrò; el programa *Artist in Residence Science Program* fue creado por el divulgador científico Andrew Grodecki; el programa de residencias artísticas del instituto IRB Barcelona fue creado por la especialista en comunicaciones, compromiso y avance Sarah Sherwood.

El tercer grupo incluye los fundadores pertenecientes al ámbito científico (3): el físico Frank Oppenheimer fundó el museo *Exploratorium*; el astrónomo Roger F. Malina fundó *Leonardo/ISAST;* y el físico John Michael David Coey creó la *Science Gallery*.

Organizaciones creadas en colaboración con varios fundadores. El análisis les reunió en seis grupos según la combinación de los sectores profesionales de sus fundadores (figura 255).

El primer grupo incluye las organizaciones surgidas de la colaboración entre artistas. El compositor y científico Gregory Kramer y el músico Gerald Lindahl crearon la organización *Harvestworks*; los artistas Alex Adriaansens y Joke Brouwer fundaron la V2_; la *Australian Network for Art and Technology* (ANAT) fue establecida por un grupo de artistas indefinido; VIDA - *Concurso Internacional Arte y Vida Artificial* fue fundado por Nell Tenhaaf, Susie Ramsay y Rafael Lozano-Hemmer; los artistas Ana Osnu y Erich Berger establecieron la organización *Bioart Society*; la organización Experimenta fue fundada por los artistas Corinne Cantril, Drik de Bruyn, Chris Knowles, Robert Randall, Michael Lee, Sue Goldman, Stephen Goddard y Frank Bendinelli.

El segundo grupo engloba las organizaciones fruto de la colaboración entre artistas y científicos. El laboratorio *SymbioticA* fue creado por el artista e investigador Oron Catts, la bióloga celular Miranda Grounds y el neurocientífico Stuart Bunt; el científico Markus Schmidt y el cineasta Camillo Meinhart fundaron la empresa de biología sintética *Biofaction*; el programa *Synergy* fue fundado por la oceanógrafa y química Whitney Bernstein, la neurocientífica y artista Lizzie Kripke y el artista Michael MacMahon; el programa de residencias artísticas en el laboratorio de física *Fermilab* fue fundado en colaboración por el físico Robert Rathbun Wilson y la artista y comisaria Georgia Schwender.

El tercer grupo apela a la colaboración entre artistas y personas que trabajan en el ámbito de las humanidades. *The Institute for Figuring* fue creado por la escritora y comisaria Margaret Wertheim y su hermana, la artista y profesora, Christine; Martin Honzik, artista y director del festival *Ars Electronica*, y Claudia Schnugg, comisaria y supervisora de

residencias de *Ars Electronica,* fundaron la *European Digital Art and Science Network*; el Instituto *Milieux* fue fundado por el profesor de Sociología y Antropología Bart Simon, la artista, investigadora y profesora Lynn Hughes, la profesora de Artes de Estudio Raymond April y la profesora de Cine Haidee Wasson.

El cuarto grupo abarca las organizaciones fundadas en colaboración entre profesionales de las ciencias y de las humanidades. La organización *Beakerhead* fue creada por el escritor y divulgador científico Jay Ingram y la científica Mary Anne Moser; *Ligo Project* fue creada por la científica Shane Mayack y el informático David Urlich; el programa de residencias artístico-científicas *Scientific Delirium Madness* fue fundado por la gestora cultural Margot H. Knight, el historiador musical, conferencista y escritor Piero Scaruffi y el astrónomo y director de *Leonardo/ISAST* Roger Malina; la organización *Art the Science* fue fundada por la microbióloga Julia Krolik y la investigadora en ciencias sociales Alex Pedersen.

El quinto grupo, de un solo elemento, recoge la colaboración de personas pertenecientes al ámbito del arte, de la ciencia o de las humanidades. *Ars Electronica* fue fundada por el periodista y profesor Hannes Leopldseder, el compositor Hubert Bognermayr, el científico y escritor Herbert W. Franke y el productor y editor de música Ulrich Rützel.

El sexto grupo incluye las organizaciones analizadas en este proyecto, creadas por el gobierno local y sus entidades. El *Centro para la Promoción de la Ciencia* fue fundado por el Ministerio de Ciencia de Serbia; la *Fundación Zaragoza Ciudad del Conocimiento*, por su parte, se creó con la ayuda del Ayuntamiento local.



Figura 254. Clasificación de las organizaciones dedicadas a la relación arte-ciencia-tecnología seleccionadas para este proyecto según los sectores de actividad profesional de sus fundadores: arte, ciencia y humanidades
Fuente: Producción propia.



Figura 255. Clasificación de las organizaciones dedicadas a la relación arte-ciencia-tecnología seleccionadas para este proyecto según la combinación de los sectores de actividad profesional de sus fundadores: arte, arte/ciencia, arte/humanidades, ciencia/humanidades, arte/ciencia/humanidades y entidades políticas.
Fuente: Producción propia.

7.2.4. Instituciones inscritas en el ámbito académico

Observando las 43 organizaciones analizadas, se aprecia que tan solo catorce de ellas están vinculadas a las universidades. La mitad de éstas se encuentra en los Estados Unidos (*Coalesce Bio Art Lab,* en la *University at Buffalo*; *Ligo Project,* en el *Eugene Lang College of Liberal Arts at The New School*; *Synergy* y el *Center for Advanced Visual Studies,* en el MIT; *Bio Art Lab,* en la *School of Visual Arts*; *Electronic Art and Intermediae,* en la *Michigan State University*; y *Synapse Art and Science,* en la *University of Akron*).

Cuatro de las organizaciones vinculadas a las universidades se encuentran en Europa (*Science Gallery* tiene relación con el *Trinity College* de Irlanda; *Bioart Society* está afiliada a la *University of Helsinki*; *IméRA,* a la Universidad de Aix-Marseille; y el programa *Artists in Labs,* a la *Zurich University for the Arts*).

Dos de las organizaciones canadienses están vinculadas a la Universidad (el Instituto *Milieux* de Arte, Cultura y Tecnología lo está con la Universidad de Concordia; y la organización *Hexagram,* a la Universidad Concordia, a la de Québec en Montreal (UQAM), y la Universidad de Montreal).

Una única de las organizaciones australianas consideradas se encuentra afiliada a una universidad (es el caso del laboratorio *SymbioticA*, que desarrolla sus actividades en la University of Western Australia- UWA).

En la presentación *Art and Science Collaborations in Dundee* (2011), la artista canadiense Martha Fleming describe las universidades como los sitios ideales para el desarrollo de los trabajos colaborativos e interdisciplinarios, ya que ofrecen una red de profesionales de diferentes disciplinas en un mismo lugar. Los problemas que pueden surgir, por lo que respecta al desarrollo de las organizaciones interdisciplinarias en las universidades, según Fleming, están relacionados con la desequilibrada distribución financiera entre departamentos, por un lado, y con la competitividad entre compañeros derivada de la separación entre disciplinas, por otro. Estos problemas pueden forzar la tendencia a desarrollar ciertos proyectos interdisciplinarios a extramuros de la universidad, con lo que se corre el riesgo de caer en el aislamiento.[326] Las consecuencias de un trabajo llevado a cabo de forma aislada es la falta de revisión por pares y de la divulgación necesaria de sus resultados o de su valor epistémico.[327]

[326] ExhibitionDJCAD (el 28 de noviembre, 2011). *Martha Fleming, Shared Imagination: Art and Science Collaborations in Dundee*. Recuperado de: https://www.youtube.com/watch?v=xFdqa-afSvg. (Consultado el 31.01.2019). "...They are usually instigated by highly skilled individuals... with this enormous drive, who work on these projects in their precious spare time. It is collaborative work, yes, but the work takes place in relative isolation from each of the individual peers, from other interdisciplinary project workers and from the wider world. It can be in short lonely and without a context commensurate with its real value and potential."

[327] Ibidem. "There is no overarching repository of these activities, no overview analysis of outcomes or

Edward A. Shanken hace hincapié en el importante papel que las universidades estadounidenses juegan en lo que respecta al desarrollo de los centros de experimentación en arte y tecnología de finales de los años 60. El autor propone algunos ejemplos de organizaciones que fueron fundadas en entornos universitarios, tales como el *Electronic Visualization Lab,* de la *University of Illinois,* y el *Computer Graphics Research Group,* de la *Ohio State University*, fundados ambos en 1973, o el *MIT Media Lab,* del *Massachusetts Institute of Technology,* fundado en 1985. Más recientemente, las universidades han sido los centros de interés en la intersección arte-tecnología durante los años 90, con la aparición y desarrollo de los ordenadores personales y del *software* libre.[328]

7.2.5. Principios fundacionales y organizativos

Entre las características de las organizaciones analizadas en este proyecto se encuentran los motivos para la fundación de este tipo de organizaciones, los objetivos que proponen y las ideas que quieren transmitir. El resultado del análisis deriva en cuatro grupos de organizaciones: las que desean comunicar la ciencia al público general a través del arte, las que desean facilitar el acceso de los artistas a las instalaciones científicas con el fin de apoyar la exploración e investigación artísticas, las que fomentan la investigación artística y la innovación a través del dialogo del arte y la ciencia y las que desean visibilizar la creación artístico-científica y su importancia para la sociedad.

1. Divulgación científica a través del arte

En el caso de las organizaciones cuya prioridad es comunicar las actividades científicas al público general, el arte, como un sistema de pensamiento entendido como más cercano al público, juega un importante papel como divulgador de información.

Algunas de las organizaciones analizadas se preocupan por comunicar las ideas, los conocimientos y los descubrimientos científicos al público a través del arte, contribuyendo así a la unión del arte con la ciencia en tanto ambas áreas tienen un fuerte componente educativo. El museo *Exploratorium* de San Francisco fue creado con el fin de acercar la ciencia y la tecnología al público general de una forma amena, y en el que el arte sería el medio de experimentación y transmisión del conocimiento. El objetivo de la organización estadounidense *Ligo Project* es fomentar la innovación científica, haciéndola accesible para lo no científicos a través del arte. El programa anual canadiense *Beakerhead* tiene como

taxonomization of activities, nor is there a structured peer evaluation system in place."

328 Shanken, E.A. (2006). Artists in Industry and the Academy: Collaborative Research, Interdisciplinary Scholarship, and the Interpretation of Hybrid Forms. En: Scott, J. (Ed.) *Artists-in-Labs: Processes of Inquiry*. pp. 8-14. Vienna, Austria: Springer. Pág. 11. "Universities have played an important role in stimulating the explosive resurgence of artistic and public interest in art and technology that began in the 1990s, spurred by the availability of personal computers and user-friendly software and further buoyed by a general fascination with technology amidst the e-commerce boom."

misión el involucrar a los habitantes de la ciudad de Calgary en sus actividades, acercándoles los campos de la ciencia, la tecnología y la ingeniería. En Irlanda, la *Science Gallery* introduce al público la relación entre el arte y la ciencia a través de sus exposiciones, al tiempo que facilita a los jóvenes involucrarse y experimentarla de forma directa por medio de sus programas educativos.

Otra selección de las organizaciones tratadas aquí abordan y difunden, a través del arte, los descubrimientos científicos relacionados con los problemas actualmente emergentes (el cambio climático, la preservación de la naturaleza, la relación del ser humano con el entorno natural, etc.). El programa de residencias artísticas *ArtSail* fomenta la producción artística enfocada a la preservación y protección de los océanos con el fin de desarrollar la conciencia del público sobre la crisis del cambio climático. El proyecto participativo *Crochet Coral Reef* (2005), desarrollado por el *Institute For Figuring,* incluye interacción directa con público de todo el mundo en la creación de un arrecife de coral tejido. Los programas de residencias artísticas en la Estación Biológica Kilpisjärvi de la Universidad de Helsinki, organizados por la *Bioart Society*, están enfocados a la relación del ser humano con su entorno natural y proporcionan a los artistas la posibilidad de explorar estas relaciones a través de la creación artística en un ámbito científico.

Otras de las organizaciones enriquecen la imagen pública de los laboratorios y centros de investigación organizando marcos de colaboración entre artistas y científicos. Shanken (2006) escribe sobre el progreso de la relación arte-ciencia en los Estados Unidos gracias a la aceptación de las colaboraciones artísticas por parte de los laboratorios de investigación nacionales y universitarios. La razón para esta aceptación, el autor la ve en la necesidad de acercar la investigación científica al público para enriquecer la imagen de los laboratorios y de los centros de investigación, especialmente en lo que respecta a la investigación sujeta a debate (el autor propone que aquí pertenecen la nanotecnología, la ingeniería genética y la tecnología militar), o a la que utiliza fondos públicos para su desarrollo (el autor considera el caso de los laboratorios de aceleradores de partículas para la física de alta energía).[329] El programa de residencias artísticas del laboratorio de física *Fermilab*, en Illinois (EE.UU), tiene como objetivo comunicar las ideas, conceptos y metodologías y acercar el trabajo del laboratorio al público no-científico a través del trabajo de artistas residentes.

[329] Shanken, E.A. (2006). Artists in Industry and the Academy: Collaborative Research, Interdisciplinary Scholarship, and the Interpretation of Hybrid Forms. En: Scott, J. (Ed.) *Artists-in-Labs: Processes of Inquiry*. pp. 8-14. Vienna, Austria: Springer. Pág. 11. "As suggested above, one must consider the possibility that such labs also seek to enrich their public image by an association with the arts and/or to employ artists to give concrete and accessible form to the abstract and complex scientific concepts underlying their research. Such motivations are particularly germane to research that is the subject of public debate … or that is a conspicuous consumer of public funds..."

2. Apoyo a la exploración-investigación artística en las instalaciones científicas

Facilitando a los artistas el acceso a las instalaciones científicas, algunas organizaciones analizadas les proporcionan una amplia gama de herramientas para la creación y la investigación artística. Los artistas aprenden a usar las herramientas y los materiales disponibles en los laboratorios y, en algunos casos, disponen de la ayuda de personal científico.

Una de las iniciativas que tiene este objetivo es el programa de residencias *Synapse*, organizado por la *Australian Network for Art and Technology* (ANAT) y el *Australia Council for the Arts*. Este programa facilita a los artistas el acceso a las instalaciones científicas participantes y los conecta con el personal científico. El director de la iniciativa *Emerging and Experimental Arts* del Consejo Autraliano, David Sudmalis, destaca la importancia de las residencias *Synapse* y la igualdad en la posición de los artistas residentes y los científicos dentro de las instituciones participantes.[330] El laboratorio artístico *SymbioticA*, con sede en la *University of Western Australia* en Perth, fue fundado con la idea de crear un espacio donde los artistas tuviesen la posibilidad de manipular sistemas vivos y de usar las herramientas de los laboratorios de forma independiente, teniendo así una posición igualitaria con respecto al equipo de científicos. El *Bio Art Lab* de la *School of Visual Arts,* en Nueva York (EE.UU), proporciona un entorno en el que las herramientas y técnicas científicas están disponibles para la práctica artística de los estudiantes. La organización *Harwestworks*, por su parte, se creó con el objetivo de proporcionar un entorno abierto a la experimentación en el que los artistas pudiesen tener el apoyo de los consultores técnicos e instructores, reuniendo así a profesionales innovadores de todas las ramas de las artes que trabajan con medios electrónicos. El *Eyebeam*, en su caso, facilita a los artistas acceso abierto a diferentes herramientas, proporcionándoles un espacio para elaborar un pensamiento creativo sobre la tecnología y su papel en la sociedad. La organización *Art Catalyst* abre las puertas para una creación artística estrechamente relacionada con las tecnologías más propias de la ciencia, borrando así las barreras de la profesionalización. El programa *Arts at CERN,* en Suiza, el programa de residencias de Fermilab, en Estados Unidos, y el programa de residencias en IRB Barcelona, en España, ofrecen a los artistas el desarrollo de sus proyectos dentro de un entorno diferente, facilitándoles contacto diario con los científicos.

[330] *Arts and science combine for unique residencies* (el 13 de marzo 2015). Australia Council for the Arts. Recuperado de: http://www.australiacouncil.gov.au/news/media-centre/media-releases/arts-and-science-combine-for-unique-residencies/. (Consultado el 8.11.2017). "The Australia Council supports creative partnerships and development opportunities for artists and the Synapse residencies enable them to work with scientists on an equal level."

3. Investigación e innovación

Uno de los objetivos de la unión artístico-científica y del trabajo colaborativo entre expertos de campos de estudio diferentes es obtener un beneficio que lo sea para todas las partes participantes. Los artistas expanden el área de su investigación teórico-práctica aprendiendo de los científicos u otros profesionales, importando para su producción artística las herramientas y la tecnología necesarias. Los científicos enriquecen su propia investigación gracias al contacto con profesionales del arte, expandiendo sus metodologías, ideas y formas de pensar para el desarrollo y solución de los problemas tratados, fomentando de este modo la innovación científica. El *Center for Advanced Visual Studies* (CAVS), del *Massachusetts Institute of Technology* (MIT), fue creado por György Kepes con la intención de fomentar la innovación a través del trabajo colaborativo entre expertos de diferentes áreas por medio de la integración de sus conocimientos y distintas sensibilidades. La directora de *Art Catalyst*, Nicola Triscott, destaca que el objetivo de la organización es fomentar la investigación artística en el área de la ciencia y la cultura y no permitir que el arte meramente ilustre, explique o represente las ideas científicas. La investigación artística permite producir obras de arte que generan diálogo y que hacen posible compartir ideas, generar preguntas y proponer nuevas exploraciones sobre aquellos problemas que sean tratados.[331] La galería *GV Art* en Londres y el instituto australiano *Culture at Work* apoyan la colaboración entre los artistas y los científicos desarrollando una estética nueva y abriendo la posibilidad de innovación a través del intercambio de ideas entre artistas y otros profesionales. El artista y profesor Adam Brown creó el curso *Electronic Art and Intermedia* (EAI) en el Departamento de Arte, Historia del Arte y Diseño de la *Michigan State University* (EE.UU), con motivo de explorar la intersección entre las disciplinas artísticas y desarrollar una metodología epistémica incorporando la investigación y la experimentación al proceso artístico. El programa de residencias artísticas *Scientific Delirium Madness*, desarrollado en colaboración con el programa *Djerassi* y *Leonardo/ISAST*, está basado en la idea de la exploración del diálogo entre el arte y la ciencia, con interés particular hacia la creatividad presente en el trabajo de las dos áreas. El festival *Ars Electronica* reúne a artistas, científicos y tecnólogos con el fin de crear un espacio de experimentación, evaluación y reinvención.

Para concluir, ciertas organizaciones desean visibilizar la creación artístico-científica y su importancia para la sociedad. La *Australian Network for Art and Technology* (ANAT) apoya la investigación artística y fomenta la toma de riesgos con el fin de mostrar la importancia de la experimentación y expresión creativa, no solo en las artes, sino también en la sociedad.

[331] artinscience. (el 6 de mayo, 2009). *Arts Catayst by Nicola Triscott 4/4*. Recuperado de: https://www.youtube.com/watch?v=u-dFqRktpA0. (Consultado el 25.05.2018). "And what is communicated is not any explanation about fact but an opening up of questions and it´s explorations and suggestions about meaning and value."

El centro *V2_* atribuye al arte y al diseño un papel fundamental en la integración social de los desarrollos tecnológicos. Su objetivo es fomentar la exploración sobre los impactos sociales de la tecnología a través del diálogo crítico, la reflexión y la investigación artística.

4. Muestras de creación artístico-científica. Nuevos paradigmas de innovación-investigación

Un último conjunto de las organizaciones estudiadas fomenta el trabajo de los artistas con el fin de promoverlos. La organización estadounidense creada por la artista Cynthia Pannucci, *Art&Science Collaborations, Inc.* (ASCI), tiene el objetivo de visibilizar los proyectos artísticos desarrollados en relación con la ciencia y la tecnología y facilitar los encuentros entre los colaboradores. La *Foundation for Art and Creative Technology* (FACT) fue creada con la intención de producir y presentar el arte experimental creado por artistas internacionales, ofreciendo visibilidad a aquellos que trabajan en este campo.

7.2.6. Programación

La programación de las organizaciones analizadas incluye distintas actividades dirigidas a promocionar las obras artísticas desarrolladas en la interacción arte-ciencia-tecnología o a facilitar los contactos entre los artistas, los científicos y los tecnólogos interesados en prestarse a la colaboración. Estas actividades están divididas en diez categorías: encuentros (seminarios, foros, simposios, presentaciones, conferencias, debates, mesas redondas y reuniones específicas de arte-ciencia-tecnología); exposiciones y proyectos; programas educativos (universitarios y no universitarios); residencias artísticas; talleres; convocatorias (becas, premios y encargos de obras); publicaciones; otros programas (proyecciones y eventos); programas de investigación; y festivales (figura 256).

Reuniones orales. Una parte de la programación organizada por las organizaciones analizadas incluye seminarios, foros, simposios, presentaciones, conferencias, debates, mesas redondas y reuniones específicas de arte-ciencia-tecnología. En ocasiones, este tipo de eventos es impartido por los organizadores; en otros casos, las presentaciones corren a cargo de los propios artistas u otros profesionales que han realizado el trabajo colaborativo.

- *Estados Unidos*. Entre los primeros eventos de este tipo fueron los seminarios *Art, Science and Technology after the Cold War* y *Design, Technology and Ethics: Tactical Design Workshop y Ethical Media Art*, o foros públicos como *Symposium on Science and Art* (1968) y *Sky Art Conferences* (1981), del *Center for Advanced Visual Studies* (CAVS). La organización *Synapse Art and Science* coordina las conferencias dedicadas a la interacción arte-ciencia en diferentes instituciones colaboradoras, universitarias, culturales y científicas, así como debates con profesores de ciencias y diseño en la *University of Akron*. *Harvestworks* organiza foros, simposios y presentaciones dentro del proyecto *Artist's Guide to Useful Technology* en distintos centros de arte y música estadounidenses. El laboratorio *Coalesce Bioart Lab* y el programa *Scientific Delirium*

Madness organizan foros y conferencias donde los artistas participantes en el programa de residencias comparten su experiencia con el público. El laboratorio *Fermilab* organiza conferencias y simposios como parte de su programa cultural. *Art&Science Collaborations, Inc.* (ASCI) y *Synergy* organizan presentaciones y reuniones con profesionales del arte, la ciencia y la tecnología. *Electronic Art and Intermedia* (EAI) organiza sus conferencias con artistas y teóricos en la *Michigan State University*. Entre otras actividades, *The Institute For Figuring* organiza conferencias abiertas al público. *Ligo Project* lleva a cabo debates y proyectos artístico-científicos enfocados a la exploración del intercambio entre disciplinas. Leonardo/ISAST organiza el programa de presentaciones y conversaciones informales sobre proyectos arte-ciencia, *Leonardo Art Science Evening Rendezvous* (LASER).

- *Canadá*. *Hexagram* organiza las mesas redondas conocidas como *HEXA_OUT*, que se celebran en diferentes instituciones internacionales, así como simposios y conferencias dirigidos a artistas e investigadores de distintas disciplinas.
- *Australia*. *Experimenta* coordina una serie mensual de debates y presentaciones, *Experimenta Social*, dedicada a la intersección de arte, tecnología, ciencia, cultura y diseño. El laboratorio artístico *SymbioticA* organiza simposios semanales en los que participan profesionales de diferentes disciplinas: artistas, científicos, filósofos, científicos sociales, diseñadores y activistas. *Culture at Work* participa en conferencias y eventos, en colaboración con otras organizaciones, para promover sus actividades.
- *Europa*. La galería *GV Art* de Londres (Reino Unido) organiza conferencias y simposios comisariados por el profesor de Historia y Filosofía de la Ciencia de la Universidad de Londres Arthur I. Miller. *IméRA* organiza el seminario semanal *The residents' community building seminar*, dirigido a los residentes de *IméRA* en Francia. *V2_Lab for the Unstable Media* organiza presentaciones informales, *Test_Lab*, centradas en la investigación en los campos del arte y la tecnología en Holanda. El Centro para la Promoción de la Ciencia (CPN), en Serbia, organiza conferencias dedicadas a las relaciones artístico-científicas. En Suiza, el programa *Artists in Labs* organiza conferencias en las que los artistas residentes comparten su experiencia durante la colaboración vivida en los laboratorios científicos. En España, la Fundación Zaragoza Ciudad del Conocimiento organiza el foro *Jornadas D+I,* enfocado a la divulgación de la ciencia, y conferencias sobre el entorno digital contemporáneo, durante el festival *La Mistura*. La LABoral organiza conferencias relacionadas con las actividades desarrolladas en el centro. El centro de investigación IRB Barcelona facilita a los artistas residentes su participación en las conferencias y mesas redondas.

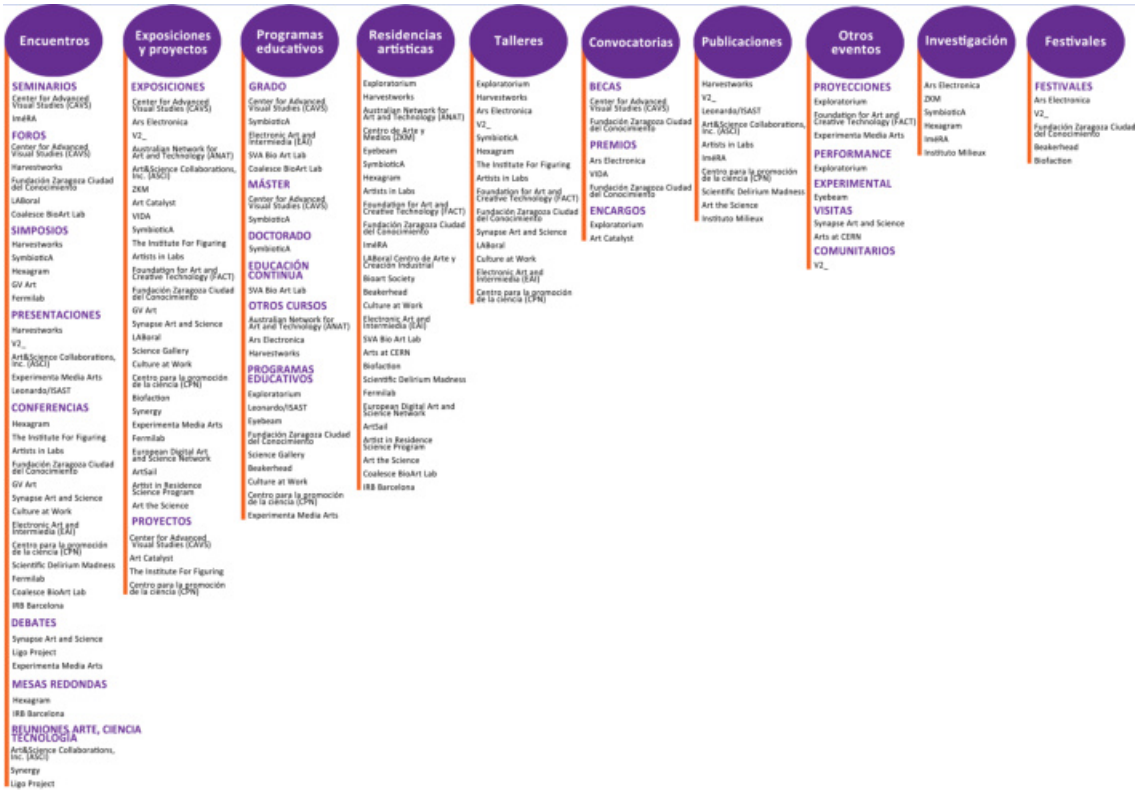


Figura 256. Clasificación de las organizaciones dedicadas a la relación arte-ciencia-tecnología seleccionadas para este proyecto según la programación y las actividades que proponen. Fuente: Producción propia.

Exposiciones y proyectos. Algunas de las exposiciones reúnen obras ya realizadas anteriormente bajo un mismo tema (la *Science Gallery,* en Irlanda, organiza exposiciones de este tipo con carácter transdisciplinar, dedicadas a la ciencia, al arte y a la tecnología; el Centro para la Promoción de la Ciencia, en Serbia, organizó varias exposiciones de obras artísticas inspiradas en el campo de la neurociencia durante el evento *Mundo detrás de los ojos,* celebrado en 2019; algunas de las exposiciones de FACT, en Reino Unido, se organizan en colaboración con galerías, comisarios u otras entidades, siguiendo esta misma línea; la galería GV Art, de Reino Unido, también organiza exposiciones en la intersección arte-ciencia-tecnología; los premios VIDA organizaban en España muestras de obras producidas usando nuevas tecnologías, etc.)

Otras exposiciones muestran los trabajos ejecutados durante las residencias artístico-científicas, o durante los programas de intercambio (en los años 60 y 70, el *Center for Advanced Visual Studies* (CAVS) organizaba muestras de los trabajos de sus becarios, mostrando obras interactivas, relacionadas todas ellas con la tecnología; el programa australiano *Artist in Residence Science Program*, realizaba unas exposiciones, tituladas *Art Meets Science,* en el espacio del *Ecosciences Precinct* en Brisbane, mostrando los resultados de las residencias artístico-científicas; la organización FACT, de Reino Unido, organizaba

muestras de los trabajos finales de las residencias artísticas en colaboración con otras organizaciones colaboradoras; etc.)

Aparte de las exposiciones, algunas organizaciones desarrollan proyectos artísticos. Los becarios del *Center for Advanced Visual Studies* (CAVS) participaban en varios proyectos artísticos (por ejemplo, en el *Boston Harbor Project*, proyecto vinculado a una serie de obras de arte destinadas a espacios urbanos específicos, o en el *Centerbeam*, proyecto colaborativo mostrado en la sexta edición de la exposición quinquenal *Documenta*, *Documenta 6*, de Kassel). *Art Catalyst* realiza proyectos de arte en colaboración con artistas y científicos, facilitándoles fondos y recursos. *The Institute For Figuring* organiza proyectos participativos abiertos a las comunidades locales (*Crochet Coral Reef*, 2005). El ya citado Centro para la Promoción de la Ciencia realiza diversos proyectos dirigidos a promocionar la ciencia, la tecnología y la integración de la sociedad en los procesos de investigación.

Programas educativos. Una parte de las organizaciones ofrece programas educativos académicos, desarrollados en forma de cursos de grado, máster, doctorado o cursos de educación continua en las universidades y centro de docencia. El *Center for Advanced Visual Studies* (CAVS) ofrecía cursos de grado sobre arte ambiental y performance, y el programa *Master of Science in Visual Studies*. SVA *Bio Art Lab*, de la *School of Visual Arts* en Nueva York (EE.UU), organiza cursos de grado y de educación continua. *Electronic Art and Intermiedia* (EAI), perteneciente al Departamento de Arte, Historia del Arte y Diseño de la *Michigan State University,* y el *Coalesce BioArt Lab,* de la *University at Buffalo* (EE.UU), ofrecen cursos de grado. El laboratorio de arte *SymbioticA*, de la *University of Western Australia,* ofrece un programa académico a los estudiantes de grado y a los estudiantes de posgrado (el Máster en Artes Biológicas y el programa de Doctorado).

Otro tipo de programas educativos incluye cursos no académicos para profesionales o para el público en general. *Australian Network for Art and Technology* (ANAT) organiza cursos en forma de escuela de verano que tratan el tema del arte y la tecnología. *Ars Electronica* ofrece cursos en relación con la ciencia y la tecnología en su espacio *Ars Electronica Center*. *Harvestworks* organiza los cursos *Independent Study and Certificate Programs,* dirigidos a artistas interesados en la instalación interactiva y en los nuevos medios.

Algunas organizaciones ofrecen programas educativos dirigidos a docentes, familias, niños o jóvenes. También el museo *Exploratorium* los organiza, e igualmente dirigidos a docentes de la ciencia, así como programas para estudiantes, jóvenes y familias. Leonardo/ISAST se encarga del Programa Leonardo para Educadores y Estudiantes, dedicado a la práctica e investigación artísticas, el trabajo pedagógico en el arte, la ciencia y la tecnología. *Eyebeam* coordina programas educativos para jóvenes, dedicados a la colaboración con artistas que

trabajan en áreas científicas o tecnológicas. La Fundación Zaragoza Ciudad del Conocimiento organiza los programas *Academia de Fachada Media,* dirigido a artistas y enfocado en el tema de la percepción del arte y la cultura a través del uso de las tecnologías digitales, y el programa de aprendizaje y experimentación *Etopia Kids*, centrado en el arte, la ciencia y la tecnología y, como su nombre indica, dirigido al público infantil. La *Science Gallery* coordina diversos programas educativos dirigidos a jóvenes y diseñados acorde al modelo educativo STEAM (*Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics*). *Beakerhead* dirige varios programas escolares en colaboración con escuelas locales y la *Guía de Campo Para Educadores,* dirigido a profesores, ambos dedicados a la exploración del arte y la ciencia. *Culture at Work* organiza los programas educativos para familias conocidos como *STEAM Family Workshops*. El Centro para la Promoción de la Ciencia, en Serbia, ofrece cursos para sus miembros y talleres dirigidos a niños basados en el área de conocimiento STEM (*Science, Technology, Engineering, Mathematics*) en el laboratorio abierto *Maker Space*. Durante el evento *International Biennial of Media Art*, la organización *Experimenta* organiza programas educativos dedicados al arte y a las nuevas tecnologías y dirigidos al público en general.

Residencias artísticas. Programas dirigidos a artistas y, en ocasiones, a otros profesionales, que tienen como objetivo facilitar el trabajo colaborativo en los ámbitos arte-ciencia-tecnología. La mayoría de los programas tiene convocatorias anuales, que son publicadas vía página web de la organización durante el período correspondiente. No obstante, algunos de los programas la mantienen abierta durante todo el año. La duración de las residencias oscila entre una semana y tres años. Los resultados de las residencias se muestran a través de las exposiciones, las publicaciones, mesas redondas y talleres.

Se analizaron los programas de residencias artísticas de 27 organizaciones. Observando sus objetivos y la forma en la que desarrollan el programa, se pueden dividir en dos grupos principales (figura 257):

- *Programas de residencias artísticas dedicados a la exploración artística en el campo de la tecnología y los nuevos medios*. Apoyan el trabajo interdisciplinario en los ámbitos del arte, el diseño, la arquitectura, la ciencia, la ingeniería y la investigación en general. Los artistas desarrollan sus obras utilizando materiales y herramientas tecnológicas o medios digitales. Los resultados son obras de arte digital, arte electrónico, arte sonoro, arte interactivo, etc. Algunos de los programas fomentan la colaboración entre artistas y profesionales del ámbito tecnológico (*Exploratorium* ofrece el *Artist-in-Residence Program,* promoviendo el trabajo interdisciplinario y la colaboración de los residentes con el personal del museo; *Harvestworks* ofrece a los artistas la posibilidad de experimentar en el área del arte electrónico, con el apoyo de profesionales de diferentes

campos; el programa *Big Bang,* de *Beakerhead,* promueve la colaboración de los profesionales de los ámbitos del arte, el diseño, la arquitectura, la ciencia, la ingeniería, etc. en la creación de obras de arte interactivas). Otros programas, por su parte, proporcionan las condiciones, los materiales y el espacio necesario para el desarrollo de una obra o un proyecto artístico tecnológico o relacionado con los nuevos medios (los programas de residencias de *Eyebeam*, *Foundation for Art and Creative Technology* – FACT, *Hedy Lamarr,* de la Fundación Zaragoza Ciudad del Conocimiento, y *LABoral* fomentan la investigación artística y facilitan el acceso a la tecnología necesaria para la producción de la obra; ZKM organiza el programa *Web Residencies* virtualmente, para los artistas que trabajan con medios digitales y prácticas basadas en Internet).



Figura 257. Clasificación de las organizaciones dedicadas a la relación arte-ciencia-tecnología seleccionadas para este proyecto que ofrecen programas de residencias artísticas. La propuesta considera la colaboración del arte con el otro sector profesional (tecnología y ciencia) y la oferta del programa (consultoría, co-creación, disponibilidad de recursos, instalaciones). Fuente: Producción propia.

- *Programas de residencias artísticas dedicados a la colaboración de los artistas con los profesionales de las ciencias naturales y sociales*. Tienen como objetivo sumergir a los residentes en la investigación científica y en las humanidades, facilitando así la interacción entre el artista y los profesionales de distintas áreas de conocimiento. De este modo, se unen distintos campos de estudio y los resultados se comunican al público general. Entre los programas que fomentan la colaboración arte-ciencia se encuentran tres grupos.

  a) Programas que ofrecen acceso directo a los centros de investigación científica y colaboración estrecha con los científicos en sus instalaciones (*Australian Network for*

Art and Technology – ANAT, que organiza los programas *Synapse* y *Australian Wine Research Institute* (AWRI) *residencies*; el programa *Artists in labs*; los programas *Ars Bioarctica* y *Field_Notes* de *Bioart Society*; las iniciativas *COLLIDE at CERN* y *ACCELERATE,* organizadas por *Arts at CERN*; los programas *Synpeptide* y *Synenergene,* organizados por *Biofaction*; el programa de residencias *Fermilab*; los de *European Digital Art and Science Network*; el programa de residencias *ArtSail*; el *Artist in Residence Science Program*; el organizado por *Art the Science*; el programa de residencias artísticas de IRB Barcelona).

b) Programas pensados para artistas que se desarrollan en laboratorios científicos. Nos referimos aquí al caso en que este tipo de instalaciones se encuentra en las dependencias de una universidad. Estos laboratorios están equipado con todos los materiales y herramientas necesarios, y se proporciona a los residentes el apoyo técnico de los profesionales (el laboratorio de *SymbioticA* en la *University of Western Australia*; SVA *Bio art lab* en la *School of Visual Arts* de Nueva York; *Coalesce Bioart Lab* en la *University at Buffalo*).

c) Programas de residencias colaborativas arte-ciencia en las propias instalaciones de las organizaciones (el programa *Scientific Delirium Madness* facilita los contactos y las condiciones adecuadas para los artistas y científicos, proporcionando un espacio común de trabajo en el que los participantes del programa tienen la oportunidad de interactuar y crear proyectos comunes; el programa de residencias artísticas de *Culture at Work* promueve la práctica artística transdisciplinar y la colaboración de los residentes con científicos u otros profesionales en su propio espacio). El objetivo de este tipo de programas es proporcionar a los artistas conocimiento sobre la metodología y el proceso científico, así como su aplicación en la creación e investigación artísticas, la exploración del potencial de este tipo de colaboraciones en el desarrollo de nuevas perspectivas y su impacto a la investigación, el desarrollo de nuevas formas de pensamiento artístico y/o científico y el acercamiento del trabajo científico al público general.

d) Programas de residencias artísticas localizados en las universidades que conectan a los artistas con los profesionales de las humanidades y las ciencias tienen el objetivo de fomentar la investigación artística proporcionando contacto con los profesionales del ámbito académico de diferentes departamentos (el programa de residencias ANAT *on Country* conecta los artistas con los investigadores nativos; *Hexagram* ofrece un programa de residencias para artistas e investigadores, apoyando la investigación artística y facilitando el contacto con profesionales del ámbito académico; el instituto *IméRA* organiza su programa de residencias para artistas, científicos e investigadores de diferentes ámbitos de conocimiento, fomentando las relaciones entre diferentes

disciplinas y la investigación multidisciplinar en la universidad; la residencia *North AIR,* de *Bioart Society,* facilita la producción artística y tiene el objetivo de explorar la movilidad y la producción artísticas en colaboración con instituciones culturales internacionales; el programa de residencias artísticas Bridge, de *Electronic Art and Intermedia* (EAI), fomenta la investigación artística en diferentes departamentos de instituciones colaboradoras y facilita el contacto con expertos de distintas áreas en investigación científica y humanidades).

Talleres. Dirigidos a artistas, residentes o al público general. *Center for Art & Inquiry* (CAI), de *Exploratorium,* ofrece talleres abiertos al público realizados por los artistas. El proyecto *Artist's Guide to Useful Technology,* de *Harvestworks,* incluye talleres de arte interactivo impartidos por el personal de la organización - compositores, artistas visuales u otros profesionales. El Festival *Ars Electronica* ofrece talleres acorde a la temática propia del festival elegida para la edición. *V2_,* dentro de sus programas públicos, organiza talleres vinculados al arte de los medios y la tecnología. *SymbioticA* organiza talleres intensivos dirigidos a artistas, o a cualquier persona interesada en la producción artística, usando herramientas propias de la biología y explorando la filosofía y la ética en la relación entre el ser humano y el resto de seres vivos. *Hexagram* organiza talleres para artistas e investigadores de diferentes campos, dirigidos todos ellos a realizar conexiones entre las humanidades, las ciencias, el arte y el diseño. *Institute for Figuring* organiza talleres de divulgación científica y creación artística basados en los proyectos participativos *Satellite Reef* y *Crochet Coral Reef*. El programa *Artists in Labs* incluye talleres impartidos por los artistas residentes en las instituciones de investigación científica colaboradoras, que muestran los resultados de su estancia y experiencia con los científicos. *Foundation for Art and Creative Technology* (FACT) organiza talleres sobre arte y tecnología para participantes de diferentes edades. La Fundación Zaragoza Ciudad del Conocimiento organiza distintos talleres dentro de sus programas (el *Programa de Mediación Cultural*, por ejemplo, apoya el desarrollo de talleres enfocados al trabajo interdisciplinario y la interacción con comunidades e instituciones locales; el festival *La Mistura* incluye talleres dedicados al tema de la propiedad intelectual en el entorno digital contemporáneo; el programa de residencias *Hedy Lamarr* muestra los resultados de la investigación artística realizada a través de talleres en el ámbito del arte y tecnología; y talleres de divulgación científica mediante el uso de nuevas tecnologías, abiertos al público general y organizados como parte del programa *Jornadas D+I*). La iniciativa *Synapse Art and Science*, de la *University of Akron,* organiza también talleres que exploran la interacción arte-ciencia. *LABoral,* Centro de Arte y Creación Industrial, organiza talleres de investigación sobre fabricación digital en el espacio *fabLAB Asturias*. *Culture at Work* organiza talleres dirigidos a las familias conocidos como

STEAM Family Workshops, que siguen el modelo educativo STEAM (*Science, Technology, Engineering, Art and Mathematics*). *Electronic Art and Intermiedia* (EAI) ofrece talleres sobre arte electrónico en la *Michigan State University* (EE.UU). Por último, en Serbia, el Centro para la Promoción de Ciencia organiza talleres educativos basados en el área de conocimiento STEM (*Science, Technology, Engineering, Mathematics*) dirigidos a niños e impartidos en el laboratorio *Maker Space*.

Convocatorias. Incluyen las becas, los premios y los encargos de obras de arte. Algunas organizaciones ofrecen becas y premios destinados a la educación y la producción artísticas relacionadas con la ciencia y la tecnología. Con lo que respecta a las becas, éstas están dirigidas a individuos interesados en la realización de un programa educativo, o bien de exposiciones (*Center for Advanced Visual Studies* ofrecía becas a los artistas interesados en los nuevos medios y la colaboración; la Fundación Zaragoza Ciudad del Conocimiento la *Beca de Comisariado Etopia,* a aquellas personas interesadas en el comisariado de exposiciones relacionadas con la interacción arte-ciencia-tecnología-sociedad).

Con lo que respecta a los premios, están destinados a obras de arte igualmente orientadas hacia la tecnología y la ciencia (*Ars Electronica* organiza el concurso de arte mediático *Prix Ars Electronica*, que incluye un premio para la categoría de arte interactivo, otro para las comunidades digitales, el premio *Voestalpine*, el *Hybrid Art* y, como quinto, el *Golden Nica*; *Ars Electronica* es una de las entidades colaboradoras del premio *STARTS,* desarrollado por la Comisión Europea y dirigido a la integración de la ciencia, la tecnología y el arte; la Fundación Zaragoza Ciudad del Conocimiento también ofrece premios a las obras que los estudiantes han desarrollado para la Fachada Media del Centro *Etopia* durante la convocatoria anual *Creative Screens Etopia*; los premios VIDA, Concurso Internacional Arte y Vida Artificial de la Fundación Telefónica, celebrados entre 1999 y 2014, incluyeron las siguientes categorías principales: los Premios Proyectos Finalizados, los Premios Incentivos a la Producción, los Premios Incentivos a la Producción Iberoamericana, el Premio Incentivos Telefónica I+D y el Premio Pioneros VIDA).

Únicamente dos de las organizaciones analizadas realizan encargos a terceros de obras artísticas. En el Reino Unido, *Art Catalyst* lo hace a través de sus propios comisarios, destinando el resultado a la planificación de exposiciones y eventos. En Estados Unidos, *Exploratorium* lleva a cabo el programa *Over the Water,* pensado para crear obras de arte de gran formato.

Publicaciones. Las publicaciones realizadas por las organizaciones analizadas se realizan en distintos formatos:

- *Formato impreso*. La organización *Harvestworks* publica bimensualmente *Tellus Audio Cassette Magazine*, dedicada a la música de vanguardia neoyorquina. La organización

holandesa *V2_*, libros sobre arte, nuevos medios y teoría de los medios, investigación, tecnologías digitales, colaboraciones y monografías sobre artistas afines. *Art&Science Collaborations, Inc*. (ASCI) es titular de la publicación mensual *ASCI BULLETIN*, edición impresa centrada en las oportunidades de la producción artística en el área de la ciencia y la tecnología. El programa *Artists in Labs* es responsable de dar a conocer algunos de los resultados de las residencias artísticas en forma de libros o catálogos.

- *Formato impreso y digital*. *Leonardo/ISAST* publica la revista académica *Leonardo*, la dedicada a música contemporánea y artes sonoras *Leonardo Music Journal* y una tercera, relacionada con obras de arte y debates actuales, *Leonardo Electronic Almanac*. La colección *Leonardo Book Series* contiene libros dedicados al arte, la ciencia y la tecnología. Todas las revistas y los libros de *Leonardo/ISAST* son publicados por *MIT Press*. Entre las publicaciones digitales y en línea se encuentran *Leonardo Abstracts Service* (LABS), una base de datos de resúmenes de las tesis doctorales y trabajos fin de master sobre la intersección de las artes, las ciencias y la tecnología, y *ARTECA*, un archivo digital de libros y revistas publicadas por el *MIT Press* y el *Observatorio Leonardo de Artes y Tecnociencias* (Olats), asociación con base en Francia, que publica el contenido de *Leonardo/ISAST* en francés en línea. El Centro para la Promoción de la Ciencia publica bimensualmente la revista *Elementi*, en formato impreso y digital. Está dedicada a temas y eventos científicos actuales y nuevos descubrimientos.
- *En línea*. Entre las publicaciones exclusivamente en línea se encuentran la *Pause Button,* del Instituto *Milieux* de Arte, Cultura y Tecnología, dedicada a las relaciones entre la tecnología y la cultura en Canadá. La organización *Art the Science* de Canadá publica un blog en línea dirigido a creadores que trabajan en el género del *SciArt*. *IméRA* publica otro dedicado al trabajo de los residentes de la organización, sus contribuciones a la investigación en el centro y los proyectos desarrollados durante la residencia. El programa de residencias *Scientific Delirium Madness* publica los resultados del trabajo de los residentes y la interacción sobre ellos en el blog del programa y en la revista *Leonardo*.

Otros eventos. Esta categoría engloba las proyecciones de películas (*Exploratorium*, *Foundation for Art and Creative Technology* – FACT y *Experimenta Media Arts*); el programa de performance *Resonance,* organizado por el museo *Exploratorium* y dirigido a músicos y a artistas sonoros; el programa experimental *Eyebeam Center for the Future of Journalism* (ECFJ), coordinado por *Eyebeam* y destinado a dirigido a artistas y periodistas destacados por su labor innovadora; la iniciativa *Synapse Art and Science*, de la *University of Akron* (EE.UU), que organiza visitas a estudios de artistas que trabajan en la intersección arte-ciencia; *V2_*, que organiza programas públicos en forma de eventos comunitarios, centrados

en el campo del arte y la tecnología, a fin de promover la investigación y los proyectos desarrollados en el instituto; y, por último, *Arts at CERN*, que organiza el programa *Guest Artist*, ofreciendo a los artistas invitados una corta estancia en el laboratorio del CERN.

Investigación. Parte de las organizaciones consideradas facilita la investigación a los estudiantes, artistas u otros profesionales en sus propias instalaciones. Éste es el caso del programa *Futurelab,* de *Ars Electronica*, un proyecto de investigación dedicado al campo del arte, la tecnología y la sociedad, y el *Instituto de medios visuales* del ZKM, dedicado a la investigación sobre las tecnologías de los nuevos medios. El laboratorio SymbioticA, en la *University of Western Australia,* facilita la investigación artística en sus instalaciones científicas. *Hexagram* organiza actividades interesadas en el proceso de investigación y creación en la intersección de las humanidades y las ciencias sociales con el arte y el diseño. El Instituto *IméRA* desarrolla cuatro programas de investigación: *Arte, ciencia y sociedad*, *Cruzando caminos: explorando la interdisciplinariedad*, *Mediterráneo* y *Fenómenos globales y regulación*. El Instituto *Milieux*, por su parte, ofrece a los estudiantes de grado, máster o doctorado, la oportunidad de incorporarse a uno de sus grupos de investigación.

Festivales. A esta categoría pertenecen el festival de cine de ciencia y arte *BioFiction*, organizado por la empresa *Biofaction,* y el *Festival Ars Electronica,* dirigido a artistas, científicos e investigadores, se celebran ambos en Austria; en España, la Fundación Zaragoza Ciudad del Conocimiento organiza el festival *La Mistura,* centrado en el tema de la propiedad intelectual en el entorno digital contemporáneo; en Holanda, la organización *V2_* coordinaba el *Dutch Electronic Art Festival* (DEAF) de Róterdam, dedicado al arte en el campo de tecnología; el programa *Beakerhead* se celebra también en forma de festival anual en Canadá.

7.2.7. Modelos de financiación

La mayoría de las organizaciones analizadas están registradas como organizaciones sin ánimo de lucro y reciben financiación de diferentes fuentes: ayudas de gobierno y sus departamentos, programas u organizaciones dedicadas a la investigación científica o al desarrollo artístico, fundaciones, empresas universidades y/o ayudas de personas particulares. La forma en que se financian se analiza por la posición geográfica en que se encuentran las organizaciones: Europa, Estados Unidos, Canadá y Australia.

1. Europa

La mayoría de las organizaciones europeas seleccionadas en este proyecto están financiadas por programas de la Unión Europea o por gobiernos locales y sus departamentos correspondientes (figura 258).



Figura 258. Clasificación de las entidades del sector público europeo que apoyan las actividades de organizaciones dedicadas a la relación arte-ciencia-tecnología seleccionadas para este proyecto según los países donde se encuentran. Fuente: Producción propia.

Las actividades del Centro para la Promoción de la Ciencia de Serbia y la empresa *Biofaction* de Austria están financiadas por los programas *Horizon 2020 Research and Innovation programme*, *FP7 research projects*, los programas de educación *LLP Commenius* y *Erasmus +* y el programa de apoyo al sector audiovisual, cultural y creativo, *Creative Europe*. La empresa *Biofaction* también está respaldada económicamente por la *European Science Foundation* (ESF), cuya sede se encuentra en Estrasburgo (Francia). La organización *Art Catalyst* de Reino Unido y el proyecto *European Digital Art and Science Network* reciben el apoyo de la Comisión Europea.

En el caso del apoyo de los gobiernos locales europeos, se destacan los siguientes: en Austria, la Ciudad de Linz, la Provincia de Alta Austria y la República de Austria financian el centro *Ars Electronica*; en Holanda, la Ciudad de Róterdam apoya el centro *V2_*; en Alemania, la Ciudad de Karlsruhe financia el centro alemán ZKM; en Reino Unido, el Ayuntamiento de Liverpool ayuda al centro FACT; en España, el Ayuntamiento de Zaragoza financia a la Fundación Zaragoza Ciudad del Conocimiento; en Serbia, la República Serbia financia el Centro para la Promoción de la Ciencia.

Entre los departamentos y las organizaciones estatales de los países europeos que financian los proyectos y actividades en arte y ciencia se destacan los siguientes: en Austria, el Fondo Austriaco de Ciencia, el Centro Austriaco de Biotecnología Industrial, el Instituto de Patología General y Experimental y el Programa GEN-AU-ELSA de investigación del genoma financian las actividades de la empresa Biofaction; en Francia, la Agencia Francesa Nacional de Investigación y el Instituto Nacional Francés de Salud e Investigación Médica apoyan las actividades del Instituto de Estudios Avanzados, IméRA; en Serbia, el Ministerio de Educación, Ciencia y Desarrollo Tecnológico y la Industria Petrolera nacional financian el Centro para la Promoción de la Ciencia; en Finlandia, *Nordic Culture Point* financia las actividades de la asociación *Bioart Society*; en Holanda, el *Creative Industries Fund NL* apoya el centro *V2_*; en Alemania, la asociación *Support Association ZKM / HfG* de Karlsruhe, el Ministerio de la Ciencia, Investigación y Arte de Baden-Württemberg y la Fundación Federal de Cultura de Alemania ayudan a las actividades realizadas por el centro ZKM; en España, la Consejería de Educación, Cultura y Deporte del Gobierno del Principado de Asturias ayuda al desarrollo del programa de LABoral, Centro de Arte y Creación Industrial; en Reino Unido, el Consejo de las Artes de Inglaterra financia a la organización Art Catalyst, el programa *Culture Liverpool Investment Programme,* la programación del centro FACT, y el *Science and Technology Facilities Council* una parte del programa Arts@CERN; en Suiza, la Comisión Federal de Tecnología e Innovación, *Swiss CTI*, el *Swiss Arts Council Pro Helvetia*, la *Swiss National Research Foundation* y el Ministerio de Cultura de Suiza financian el programa *Artists in Labs*.

Algunas organizaciones están vinculadas a las universidades y cuentan con su apoyo (figura 259). El centro ZKM lo está con la Universidad de Karlsruhe de Arte y Diseño, en Alemania. La Fundación Zaragoza Ciudad del Conocimiento con la Universidad de Zaragoza y la Universidad San Jorge, en España. El Instituto de Estudios Avanzados, *IméRA*, a la Universidad Aix-Marseille y la Escuela Superior de Ciencias Sociales, en Francia. La empresa austriaca *Biofaction* mantiene relaciones con la Universidad Wageningen, en Holanda, la Philipps-Universität Marburg, en Alemania y la Universidad de Recursos Naturales y Ciencias de la Vida de Austria. El programa suizo *Artists in Labs*, está emplazado en la Universidad de Artes de Zúrich.

Una gran parte de la financiación procede de las fundaciones europeas (figura 260). La fundación inglesa *Wellcome Trust* apoya a la organización *Art Catalyst* de Reino Unido y a la *Science Gallery* de Irlanda. Los proyectos de Art Catalyst están también financiados por la *Esmée Fairbairn Foundation* de Reino Unido, mientras que las actividades de la *Science Gallery* se financian aparte por la *Human Dignity Foundation* de Suiza. En España, la Fundación Obra Social de Ibercaja apoya a la Fundación Zaragoza Ciudad del Conocimiento;

la Fundación Obra Social La Caixa, la Fundación BBVA, la Fundación Botín, la Fundación Olga Torres, entre otras, financian las actividades del centro de investigación independiente biomédica IRB Barcelona; la Fundación Telefónica sufragó todas las ediciones del premio VIDA.



Figura 259. Clasificación de las instituciones académicas que apoyan las actividades de organizaciones europeas dedicadas a la relación arte-ciencia-tecnología seleccionadas para este proyecto. Fuente: Producción propia.



Figura 260. Clasificación de las fundaciones y las entidades del sector privado que apoyan las actividades de organizaciones europeas dedicadas a la relación arte-ciencia-tecnología seleccionadas para este proyecto. Fuente: Producción propia.

Algunas de las fundaciones que financian las actividades de las organizaciones europeas analizadas no provienen, sin embargo, de Europa. Éste es el caso de la fundación global *Motorola Solutions Foundation* y de la fundación estadounidense *Arconic* que apoyan ambas el programa *Arts at CERN*, o de la *Alfred P. Sloan Foundation* de Estados Unidos que financia una parte de las actividades de la empresa austriaca *Biofaction*.

2. Estados Unidos

La mayoría de las organizaciones estadounidenses analizadas en este proyecto recibe la financiación de fundaciones privadas. Algunas están vinculadas a universidades privadas o

públicas, mientras que solo unas pocas reciben ayuda del Estado o sus organizaciones (figura 261).

Un pequeño conjunto de fundaciones tienen la financiación de las artes como actividad principal. Éste es el caso de la *Andy Warhol Foundation for Visual Arts,* que apoya la organización *Eyebeam* de Nueva York y el *Institute for Figuring* de Los Angeles, o del *Creative Work Fund*, un programa del Fondo *Walter y Elise Haas* apoyado por la Fundación *William y Flora Hewlett,* que, entre otras organizaciones, apoya el centro de residencias artísticas *Djerassi* que dirige el programa *Scientific Delirium Madness*.

Otras fundaciones promueven también proyectos artísticos, pero únicamente como una más de sus tareas a cumplir. En esta línea, *The Atlantic Foundation* y la *Open Society Foundations* financian la organización *Eyebeam*, *Anneberg Foundation* ayuda al desarrollo de las actividades del *Institute for Figuring*, la *Hewlett Foundation* y la *Ford Family Foundation* apoyan el centro de residencias artísticas Djerassi y su programa *Scientific Delirium Madness*. La *Knight Foundation* financia las actividades del programa de residencias artísticas *ArtSail* y la iniciativa *Synapse Art and Science* de la *University of Akron*.



Figura 261. Clasificación de las fundaciones, las entidades del sector público y de las instituciones académicas que apoyan las actividades de organizaciones estadounidenses dedicadas a la relación arte-ciencia-tecnología seleccionadas para este proyecto. Fuente: Producción propia.

Por otro lado, algunas de las organizaciones reciben ayuda de las agencias públicas. Así es el caso del programa *Synergy* en Boston, que está apoyado por el *Center for Ocean Sciences*

Education Excellence, un consorcio de instituciones de investigación en ciencias del océano, organizaciones informales de educación científica y entidades de educación formal. La agencia estadounidense independiente, *National Endowment for the Arts*, apoya al laboratorio *Coalesce* Bi*oArt Lab* de la *University at Buffalo*, así como al centro de residencias artísticas *Djerassi* y a su programa *Scientific Delirium Madness*. El programa *Scientific Delirium Madness* está apoyado además por la *National Academies Keck Futures Initiative* - NAKFI (una iniciativa de *National Academies of Sciences, Engineering and Medicine*, dedicada a la investigación e innovación interdisciplinarias) y recibió incluso la beca del programa *San Mateo County Art Comission*, dedicado al apoyo de los proyectos, eventos y programas artísticos y culturales. La alianza conjunta de la *University of Chicago* y la Asociación de Investigación de Universidades de Estados Unidos, *Fermi Research Alliance,* aparte de las actividades de la investigación científica del laboratorio *Fermilab* apoya también su programa de residencias artísticas.

Citamos a continuación las organizaciones estadounidenses vinculadas a las universidades que reciben apoyo. Éste es el caso del antiguo programa *Center for Advanced Visual Studies* (CAVS), desarrollado en la universidad privada, *Massachusetts Institute of Technology* (MIT). Hoy en día CAVS existe en forma del *MIT Program in Art, Culture and Technology (ACT)* y recibe el apoyo del *Center for Art, Science & Technology* (CAST) de MIT, de la escuela de *Humanities, Arts and Social Sciences* (HASS) de la Universidad de Singapur de Tecnología y Diseño, *Council for the Arts at MIT* (CAMIT), y *MIT International Science and Technology Initiatives* (MISTI). El programa *Synergy* en Boston, asociado con el *Massachusetts Institute of Technology* (MIT), recibe financiación de diferentes departamentos del MIT (*Public Service Center*, *Community Service Fund*, *MIT/WHOI Joint Programme in Oceanography*). El laboratorio *Coalesce BioArt Lab* está apoyado por la *Universty at Buffalo*, en la que se encuentran sus instalaciones. El laboratorio *Bio Art Lab* desarrollado en la universidad privada, *School of Visual Arts* en Nueva York recibe la financiación en su mayor parte de la matrícula estudiantil. El curso *Electronic Art and Intermiedia* (EAI) forma parte del Departamento del Arte, Historia del Arte y Diseño de la *Michigan State University* y está apoyado por la misma universidad.

3. Canadá

La mayoría de las organizaciones canadienses analizadas está financiada por el Estado y sus entidades dedicadas a la investigación. Muchas de ellas tienen un vínculo con la Universidad. Entre las organizaciones analizadas, la financiación por parte de las fundaciones o empresas privadas no juega ningún papel (figura 262).



Figura 262. Clasificación de las entidades del sector público y de las instituciones académicas que apoyan las actividades de organizaciones canadienses dedicadas a la relación arte-ciencia-tecnología seleccionadas para este proyecto. Fuente: Producción propia.

La *Fonds de recherche du Québec - Société et culture* (FRQSC) de Quebec y la *Fondation canadienne pour l'innovation* apoyan las actividades del Instituto *Milieux* de Arte, Cultura y Tecnología de la Universidad Concordia en Montreal y de la organización *Hexagram,* creada en dicha universidad y la Universidad de Quebec en Montreal (UQAM), en asociación con la Universidad de Montreal. Aparte, el Instituto *Milieux* está financiado por el Consejo de Investigación de Ciencias Sociales y Humanidades y por la Fundación de Apoyo a la Investigación de Canadá. El Fondo de Iniciativas Estratégicas del Consejo de la ciudad de Calgary financia las actividades del programa *Beakerhead,* dedicado a la intersección del arte, la ciencia y la ingeniería.

Las organizaciones afiliadas a las universidades reciben apoyo de éstas. En todo caso, existen otras organizaciones que cuentan con el apoyo de las universidades sin encontrarse vinculadas a ellas. Es el caso de la organización *Art the Science,* que recibe ayuda de la *Queen´s University* y de la *St. Lawrence School* en Kingston, de la *University of Guelph* en Guelph y de la *Laurentian University* en Sudbury.

4. Australia

La mayoría de las organizaciones australianas comprometidas con la interacción arte-ciencia están financiadas por el gobierno de Australia y sus departamentos. Algunas de las organizaciones analizadas están apoyadas por otras organizaciones similares o por empresas. Tan solo una de ellas, el laboratorio *SymbioticA*, está vinculado a una universidad: la *University of Western Australia* (figura 263).



Figura 263. Clasificación de las entidades del sector público, privado, fundaciones e instituciones académicas que apoyan las actividades de organizaciones australianas dedicadas a la relación arte-ciencia-tecnología seleccionadas para este proyecto. Fuente: Producción propia.

El gobierno de Australia financia la *Australian Network for Art and Technology* (ANAT) y la organización *Experimenta Media Arts*. La organización *Experimenta Media Arts* está apoyada, además, por el Consejo Australiano para las Artes. El Gobierno de Queensland sufraga el *Artist in Residence Science Program,* dirigido por el *Department of Science, Information Technology and Innovation* (DSITI). El laboratorio artístico de investigación *SymbioticA* está financiado por el Departamento de Cultura y Artes de Australia Occidental.

Como se indicaba, algunas de las organizaciones están apoyadas por otras organizaciones. Éste es el caso de *Australian Network for Art and Technology* (ANAT), que está dando cobertura a la organización *Experimenta Media Arts*. El instituto de investigación *Culture at Work* cuenta con la ayuda del casino *The Star*. Entre las fundaciones australianas, *James N. Kirby Foundation* está apoyando la programación del instituto de investigación *Culture at Work*.

Comparando las formas de financiación en las cuatro entidades geográficas, se puede apreciar la presencia notable del apoyo estatal a la financiación de las organizaciones de las actividades artístico-científicas en Europa, Canadá y Australia, mientras que la financiación en los Estados Unidos en su mayoría procede de fundaciones. En el texto *Artists in Industry*

and the Academy: Collaborative Research, Interdisciplinary Scholarship, and the Interpretation of Hybrid Forms (2006), el historiador del arte estadounidense Edward A. Shanken, compara las formas de financiación de las organizaciones dedicadas a proyectos artístico-científicos en diferentes partes del mundo. El autor observa la posición principal de Europa cuando se trata de la financiación de proyectos y actividades en la intersección del arte, la ciencia y la tecnología de manos de los gobiernos locales y de los centros de investigación científica.[332]

Analizando la situación en Canadá y Australia, Shanken describe la financiación por el Estado, las asociaciones corporativas y las universidades. En contraste, en los Estados Unidos percibe una falta de apoyo gubernamental en el desarrollo de los proyectos de arte-ciencia. Este tipo de proyectos se lleva a cabo gracias a que las diferentes organizaciones reciben el apoyo de fuentes privados.

[332] Shanken, E.A. (2006). Artists in Industry and the Academy: Collaborative Research, Interdisciplinary Scholarship, and the Interpretation of Hybrid Forms. En: Scott, J. (Ed.) *Artists-in-Labs: Processes of Inquiry*. pp. 8-14. Vienna, Austria: Springer. Pág. 9. "Taken as a whole, Europe is arguably at the forefront of AST research, with the greatest concentration of resources dedicated to it. … local governments, and advanced scientific research centres in Europe continue to provide substantial support for interdisciplinary research involving artists at full-service media art centres, museums, exhibitions, and symposia, and partnerships with industrial and academic research programs … providing access to transdisciplinary resources by immersing artists in labs where engineering, computing, and natural science research take place."

PARTE 4

ESTRATEGIAS COLABORATIVAS. ESTUDIO DE CASOS DE INTERACCIONES ENTRE ARTISTAS Y CIENTÍFICOS

Actualmente, los procesos colaborativos desarrollados entre artistas y científicos resultan cada vez más cruciales para el tratamiento de problemas complejos, así como para el desarrollo y crecimiento personal-profesional de los individuos. La cuarta parte de este proyecto está dedicada a la colaboración disciplinaria entre profesionales. Analiza procesos colaborativos presentes en el ámbito académico y en el contexto artístico-científico. Esta parte esta dividida en dos capítulos.

El octavo capítulo estudia los modos de producción del conocimiento que son resultado de la colaboración entre disciplinas en el ámbito académico. Se señalan tres tipos de colaboración: complementaria/integradora, intramural/extramural y especializada/no-especializada. Se estudia la clasificación tipológica de la colaboración en el contexto arte-ciencia teniendo en cuenta el tema de investigación y el tipo de producción.

El noveno capítulo considera las tácticas relacionales y simbióticas que existen entre el arte y la ciencia. Propone tres estrategias que el artista usa para relacionarse con los contenidos de la investigación científica y para llevarlos al mundo del arte: observador, participante y científico. Plantea dos formatos que se producen entre el arte y la ciencia teniendo en cuenta la distribución igualitaria o no del beneficio: comensalismo y mutualismo. Busca los modelos organizativos de las relaciones entre el arte y la ciencia a través de un estudio de casos de colaboraciones entre artistas y científicos. Estas colaboraciones se estudian de acuerdo a un modelo que se realiza en tres etapas: introductoria, de desarrollo, y conclusiva.

Capítulo 8

Procesos de interacción cognitiva. Enfoque integrador y métodos indagatorios: ventajas y beneficios

El octavo capítulo trata de la colaboración interprofesional en procesos de interacción cognitiva. Busca cómo establecer relaciones entre profesionales de distintos ámbitos de estudio. Está dividido en dos partes.

La primera parte describe la terminología que afecta a los procesos de colaboración entre profesionales de diferentes disciplinas. Analiza tres clasificaciones duales propuestas por gestores académicos (Hara, Solomon, Kim y Sonnenwald, 2003; Groboljšek et al., 2014; Shrum, Chompalov y Genuth, 2007): complementaria/integradora, intramural/extramural y especializada/no-especializada. Cada una analiza el proceso colaborativo desde un punto de vista diferente: existencia o no de relaciones entre disciplinas; grado de cobertura de la colaboración; y modo de gestión de la colaboración. Se estudia también el modelo de colaboración para la producción de conocimiento en el ámbito arte-ciencia que propone Roger Malina (2010), basado en el estudio de tres aspectos específicos: el científico para desarrollar sus proyectos se inspira en proyectos y procedimientos artísticos; los artistas y científicos co-crean un proyecto artístico nuevo; se implementa una nueva categoría profesional formada por artistas-científicos, con formación y experiencia en ambos campos del conocimiento.

La segunda parte está dedicada a describir los factores que influyen en el desarrollo de una colaboración arte-ciencia en el ámbito académico. Estos factores se estudian tanto a nivel individual como profesional. Se describen a nivel individual los beneficios que este proceso tiene para los profesionales que forman parte de esta propuesta: mejora de sus habilidades laborales y de su desarrollo como investigador. Se describen a nivel profesional como se realiza el progreso de los proyectos de investigación desarrollado y los modos de financiación que utilizan.

8.1. Colaboraciones disciplinarias. Terminología, tipología y modalidades

El término "disciplina" se entiende como un conjunto de conocimientos integrador que recoge diferentes aspectos cognitivos de la vida del ser humano. Proviene de la palabra latína *disciplina* y hace alusión a una instrucción dada, una enseñanza, un aprendizaje y/o un conocimiento.[333] Observándola desde el punto de vista del comportamiento, la disciplina comprende la práctica o el entrenamiento de personas para seguir ciertas reglas o códigos.[334] Desde el punto de vista del desarrollo intelectual de los individuos, la disciplina se describe como una rama del conocimiento y se relaciona con la educación superior.[335]

En el artículo *Debating Disciplinarity* (2009), el profesor de derecho de la *Yale Law School* (EE.UU), Robert Post, observa la disciplina desde un nivel teórico-práctico. La describe como un proceso práctico de aprendizaje relacionado con los estudiantes, en comparación con el concepto de doctrina, teoría abstracta, entendida como un proceso de enseñanza que se vincula a los profesores. La disciplina se distingue de la profesión en el hecho de que representa un conocimiento dentro de un ámbito de índole universitaria.[336]

El profesor en la *East Carolina University* (EE.UU), Armin Krishnan, opina que no todas las materias en las universidades son disciplinas. En la publicación *What Are Academic Disciplines?* (2009), el autor propone una lista de calificativos que definen la disciplina académica. Cuantos más de estos requisitos se cumplan, será más probable que la disciplina se pueda definir como académica. Cada disciplina debería tener un tema o un objeto de investigación particular, un cuerpo de conocimiento especializado, un conjunto de teorías y conceptos estructurados, una terminología y un lenguaje específicos, unos métodos ajustados a la investigación específica y, por último, un espacio académico a nivel institucional donde impartir materias relacionadas en departamentos académicos y/o institutos de investigación.[337] Las disciplinas forman un entorno vivo que se encuentra en

[333] Discipline (sin fecha). En: *Online Etymology Dictionary*. Recuperado de: https://www.etymonline.com/word/discipline. (Consultado el 12.02.2019). "… from Latin *disciplina* "instruction given, teaching, learning, knowledge," also "object of instruction, knowledge, science, military discipline..."

[334] Discipline (sin fecha). En: *Oxford Living Dictionaries*. Recuperado de: https://en.oxforddictionaries.com/definition/discipline. (Consultado el 21.09.2018). "The practice of training people to obey rules or a code of behaviour ..."

[335] Ibidem. "A branch of knowledge, typically one studied in higher education."

[336] Post, R. (2009). Debating Disciplinarity. *Critical Inquiry, 35*(4), pp. 749-770. doi:10.1086/599580. Pág. 751-752. "When we speak of a discipline, therefore, we speak not merely of a body of knowledge but also of a set of practices by which that knowledge is acquired, confirmed, implemented, preserved, and reproduced… Disciplines differ from professions in that disciplines refer primarily to forms of knowing that are situated within universities. Disciplinarity involves the education, certification, hiring, and promotion of university professors."

[337] Krishnan, A. (2009). What Are Academic Disciplines? Some Observations on the Disciplinarity vs. Interdisciplinarity Debate. *University of Southampton, National Centre for Research Methods, NCRM Working Paper Series (03/09)*. Recuperado de: http://eprints.ncrm.ac.uk/783/1/what_are_academic_disciplines.pdf. (Consultado el 12.02.2019). Pág. 9.

proceso de evolución constante. Cambian, se expanden y crean nuevos sectores de conocimiento. La creación de subdisciplinas implica el desarrollo de una red de posibles campos de estudio y supone la especialización de los individuos en un único sector de conocimiento y un conocimiento profundo sobre un tema específico. El director del Programa de Psicología Social de la *National Science Foundation* (EE.UU), Steven Breckler, describe la especialización como un método que se utiliza para obtener un conocimiento profundo que se obtiene por la práctica de actividades específicas. En el artículo *The Importance of Disciplines* (2005), el autor resalta la necesidad de realizar colaboraciones entre científicos de disciplinas diferentes para tratar problemas complejos. Las conexiones disciplinarias permiten el progreso científico debido a la diversidad de enfoques y de experiencias que proponen y a los distintos conocimientos que utilizan.[338]

8.1.1. Modelos de producción del conocimiento

Los autores Michael Gibbons (*University of Sussex*, Reino Unido), Camille Limoges (*University of Quebec*, Canadá), Helga Nowotny (*Wissenschaftszentrum*, Austria), Simon Schwartzman (*University of São Paulo*, Brasil), Peter Scott (*De Montfort University Leicester*, Reino Unido) y Martin Trow (*University of California, Berkeley*, EE. UU), estudian cómo la unión de disciplinas produce un cambio en la producción de los conocimientos. En el libro *The New Production of Knowledge* (1994), describen dos modelos de producción de conocimiento que analizan comparativamente a distintos niveles: según los términos que los describen, según el contexto de su aplicación, según su estructura y según la jerarquía laboral que los participantes tienen en el desarrollo del proyecto (figura 264).

1. Modelo 1. Conocimiento tradicional basado en una sola disciplina. Representa la especialización, donde un individuo adquiere un conocimiento profundo sobre una disciplina o una subdisciplina. Se vincula al término "monodisciplinariedad" y supone una sola disciplina o un solo campo de estudio en el que se desarrolla el trabajo. Por lo que respecta al contexto en el que se desarrolla el trabajo, está representado por un grupo específico de profesionales que establecen y resuelven problemas en base a su área de interés y al contexto del ámbito que les es propio. Tiene una estructura homogénea, ya que implica el trabajo de profesionales de un mismo ámbito y que tienen, por tanto, habilidades y conocimientos similares. Tiende a tener una estructura organizacional jerárquica establecida que no suele cambiarse.

[338] Breckler, S. (2005). The Importance of Disciplines. *Psychological Science Agenda*, October, 2005. APA Science Directorate. Recuperado de: http://www.apa.org/science/about/psa/2005/10/ed-column.aspx. (Consultado el 24.09.2018). "A positive interpretation of multi/inter/trans-disciplinary mania is that science has finally evolved to a point where the most difficult and challenging problems require ambitious partnerships and the pooling of disciplinary knowledge and expertise- that the synergy gained at our intersections is where the action is and what it will take to move to the next level. A less flattering interpretation is that we are in the midst of a fad- that the funding agencies and observers of science are celebrating multi/inter/trans discipline work because it sounds good and represents a direction that appears to be new, innovative, and forward-moving."

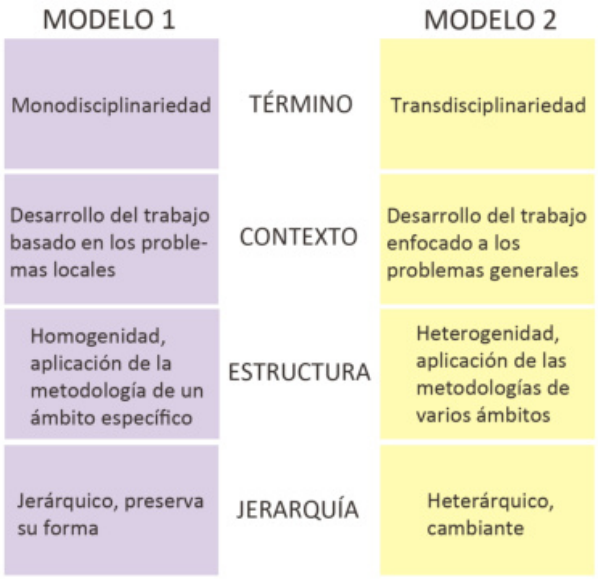


Figura 264. Clasificación de modelos de producción de conocimiento según Gibbons, Nowotny, Schwartzman, Scott y Trow (1994). Fuente: Producción propia.

2. Modelo 2. Conocimiento innovador basado en la integración de varias disciplinas. Representa la unión de disciplinas y supone la colaboración entre profesionales que provienen de campos de estudio diferentes.[339] Se describe con el término "transdisciplinariedad" y alude a un campo de conocmiento en el que varias disciplinas trabajan juntas para resolver un problema común. El conocimiento se produce como resultado de la unión de disciplinas diferentes y satisface el interés de todos los ámbitos afectados. Tiene una estructura heterogénea e incluye habilidades, conocimientos y experiencias de profesionales de distintos campos de trabajo. Posee una estructura organizacional *heterárquica* que tiende cambiar según las necesidades del proyecto. Este modelo de colaboraciones disciplinarias tiene cada vez más importancia en la búsqueda de soluciones a problemas complejos que requieren un conocimiento variado. La necesidad de aplicar distintas disciplinas a la solución de un problema ha estado presente desde los tiempos de la antigua Grecia.[340]

[339] Gibbons, M., Limoges, C., Nowotny, H., Schwartzman, S., Scott, P., & Trow, M. (1994). *The new production of knowledge: The dynamics of science and research in contemporary societies*. Thousand Oaks, CA, US: Sage Publications, Inc. Pág. 3. "By contrast with traditional knowledge, which we will call Mode 1, generated within a disciplinary, primarily cognitive, context, Mode 2 knowledge is created in broader, transdisciplinary social and economic contexts. The aim of introducing the two modes is essentially heuristic in that they clarify the similarities and differences between the attributes of each and help us understand and explain trends that can be observed in all modern societies."

[340] National Academy of Sciences, National Academy of Engineering, and Institute of Medicine (2005). A Vision of Interdisciplinary Research. En: *Facilitating Interdisciplinary Research*. pp. 16-25. Washington, D.C., United States of America: National Academy of Sciences. Doi: 10.17226/11153. Pág. 17. "Anaximander brought together his knowledge of geology, paleontology, and biology to discern that living beings develop from simpler to more

8.1.2. Tipos de colaboración

Por lo que respecta a la cooperación entre profesionales, Wolfgang Glänzel, de la *Catholic University of Leuven* (Bélgica) y András Schubert, de la *Hungarian Academy of Sciences* (Hungría), señalan que la colaboración científica es un fenómeno social complejo. En el artículo *Analysing Scientific Networks through co-authorship* (2004), los autores destacan que este tipo de colaboración ha sido estudiado a partir de los años 60.[341]

Los profesores Blanka Groboljšek, Anuška Ferligoj, Franc Mali, Luka Kronegger y Hajdeja Iglič, de la Facultad de Ciencias Sociales de la Universidad de Ljubljana (Eslovenia), localizan el nacimiento de los trabajos colaborativos en el período que siguió a la Segunda Guerra Mundial, según comentan en su artículo *The Role and Significance of Scientific Collaboration for the New Emerging Sciences: the Case of Slovenia* (2014). Los autores observan una evolución gradual de la colaboración, así como su crecimiento a lo largo de los años 80, especialmente en lo referente al desarrollo de la ciencia y la tecnología.

Aunque las colaboraciones disciplinarias han sido habituales desde hace mucho tiempo, se puede decir que la conciencia sobre su importancia se desarrolló a partir de mediados del siglo XX. La colaboración se entiende como la realización de un trabajo común a cargo de dos o más personas que trabajan en un mismo problema. El término proviene del latín, *collaborāre*, que contiene en el prefijo *con-*, la unión, y en *laborāre*, la acción de trabajar. El diccionario de la Real Academia Española describe el verbo "colaborar" como "trabajar con otra u otras personas en la realización de una obra" o en el sentido de contribuir, o "ayudar a otros al logro de algún fin."[342] La profesora de la *Göteborg University* and *University College of Borås* (Suecia), Diane Sonnenwald, define la colaboración científica como una interacción que se desarrolla en un contexto social entre dos o más científicos. Esta interacción supone el intercambio de conocimientos, ideas y experiencias dirigido a la

complex forms. In the age of the great scientific revolutions of 17th-century Europe, its towering geniuses—Isaac Newton, Robert Hooke, Edmond Halley, Robert Boyle, and others— brought their curiosity to bear not only on subjects that would lead to basic discoveries that bear their names but also on every kind of interdisciplinary challenge, including military and mining questions. In the 19th century, Louis Pasteur became a model interdisciplinarian, responding to practical questions about diseases and wine spoilage with surprising answers that laid the foundations of microbiology and immunology. Today, the proliferation of new understanding about the molecular and genetic underpinnings of life demonstrates the power of combining disciplinary knowledge in interdisciplinary ways."

341 Glänzel, W. y Schubert, A. (2004). Analysing Scientific Networks through co-authorship. En: Moed, F. H. et al. (eds.) *Handbook of Quantitative Science and Technology Research. The Use of Publication and Patent Statistics in Studies of S&T Systems*. pp. 257-276. Dordrecht, Boston, London: Kluwer Academic Publishers. Pág. 257. "Scientific collaboration is a complex social phenomenon in research that has been systematically studied since the 1960s. Increasing collaboration was reported by Smith (1958), Clarke (1964, 1967), Price and Beaver (1966), Patel (1973) and Heffner (1979) in the context of growing funding, that is, directly or indirectly by economic factors."

342 Colaborar (sin fecha). En: *Diccionario de la lengua española. Real Academia Española*. Recuperado de: http://dle.rae.es/srv/search?m=30&w=colaborar. (Consultado el 29.09.2018).

solución de un problema compartido.[343] A continuación se analizarán los resultados de algunos estudios realizados a cerca de la colaboración con el fin de determinar qué tipos existen y cómo se pueden aplicar al ámbito artístico-científico.

1. Complementaria/integradora.

Los profesores Noriko Hara de la *Indiana University* (EE.UU), y Paul Solomon, Seung-Lye Kim y Diane H. Sonnenwald, de la *University of North Carolina* (EE.UU), diferencian dos tipos de colaboraciones en el artículo *An emerging view of scientific collaboration: Scientists' perspectives on collaboration and factors that impact collaboration* (2003). El primer tipo, la colaboración complementaria, supone realizar un trabajo dividido en unidades separadas. Es decir, cada colaborador realiza una parte del trabajo. El segundo tipo, la colaboración integradora, implica desarrollar un trabajo compartido e integrado. Todos los colaboradores comparten un único trabajo en su conjunto (figura 265).



Figura 265. Tipología de colaboración en el ámbito académico según Hara, Solomon, Kim y Sonnenwald (2003). Colaboración complementaria se realiza con producciones separadas que construyen un proyecto común. Colaboración integradora supone construcción de un proyecto común con la participación e integración del conocimiento de todos los participantes. Fuente: Producción propia.

2. Intramural/extramural.

Groboljšek et al. (2014) distinguen dos tipos principales de colaboración científica y los describen según la pertenencia de los individuos a instituciones específicas o a su posición geográfica (figura 266). El primer tipo es la **colaboración intramural**, que implica la realización de un único trabajo colaborativo entre personas que pertenecen a un mismo departamento, grupo de investigación o misma institución. Este tipo de colaboración puede resultar productiva en lo referente a la producción de nuevas ideas y conocimiento.[344] El

[343] Sonnenwald, D. (2007). Scientific collaboration. En: Cronin, B. (ed.) *Annual Review of Information Science and Technology. Vol. 41*, Issue 1. pp. 643-681. Medford, New Jersey: Information Today, Inc. Pág. 645. "Scientific collaboration can be defined as interaction taking place within a social context among two or more scientists that facilitates the sharing of meaning and completion of tasks with respect to a mutually shared, superordinate goal."

[344] Groboljšek, B., Ferligoj, A., Mali, F., Kronegger, L., Iglič, H. (2014). The Role and Significance of Scientific Collaboration for the New Emerging Sciences: the Case of Slovenia. En *Teorija in Praksa*, let. 51, 5/2014, pp. 866-885. Pág. 870. "Cummings and Kiesler (2005) established that projects whose collaborating scientists are located in the same university are usually more successful than projects that bring collaborators from different universities together. Similarly, Glanzel and Schubert (2004) argue that multidisciplinary projects performed within a single university can be very successful in producing new ideas and knowledge."

segundo tipo es la **colaboración extramural**, que incluye el trabajo colaborativo entre individuos pertenecientes a diferentes instituciones, diferentes áreas de estudio, o incluso diferentes países. La colaboración desarrollada entre profesionales de diferentes países aporta beneficios al desarrollo de proyectos realizados por comunidades científicas pequeñas con menos capacidad de visibilidad y contacto.



Figura 266. Tipología de colaboración en el ámbito académico, teniendo en cuenta la pertenencia a los departamentos, grupos de investigación o instituciones universitarias según Groboljšek et al. (2014). Colaboración intramural (dentro de un grupo especificado, departamento, grupo de investigación o universidad) y colaboración extramural (entre los profesionales pertenecientes a diferentes departamentos, instituciones o países). Fuente: Producción propia.

3. Vertical/horizontal - especializada/no especializada

Los profesores provenientes del ámbito de la sociología y las matemáticas, Wesley Shrum (*Louisiana State University*, EE.UU), Ivan Chompalov (*Edinboro University of Pennsylvania*, EE.UU) y Joel Genuth (*Hampshire Educational Collaborative*, EE.UU), distinguen cuatro tipos de colaboración según se especifique la posición jerárquica de sus participantes y su grado de especialización (figura 267). El análisis sociológico fue desarrollado por estos autores en los campos de la ciencia espacial, la física de partículas, la geofísica y la astronomía, y sus resultados han sido publicados en el artículo *Structures of scientific collaboration (2007).*[345] Pasamos a definir estos tipos de colaboración:

- **Colaboración vertical especializada**. Existe una estructura jerárquica de autoridad, con regulaciones escritas, y una división especializada del trabajo. Cada colaborador trabaja en su propia área del conocimiento.
- **Colaboración horizontal especializada.** Existen las mismas regulaciones y responsabilidades formalizadas que en el primer tipo de la colaboración, pero no existe un líder o una administración jerárquica.
- **Colaboración vertical no especializada**. Existe una estructura jerárquica con un líder, y los colaboradores interactúan de forma parietaria intercambiando los distintos conocimientos que aportan.

[345] Shrum, W., Genuth, J., & Chompalov, I. (2007). *Structures of scientific collaboration*. Cambridge, MA: MIT Press.

- **Colaboración horizontal no especializada**. No existe una estructura jerárquica y, del mismo modo como en el caso anterior, los colaboradores interactúan de forma parietaria intercambiando los distintos conocimientos que aportan.



Figura 267. Tipología de colaboración en el ámbito académico según Shrum, Chompalov y Genuth (2007). La propuesta contempla dos clasificaciones binarias combinadas: especializada (división compartimentada de conocimientos)/no-especializada (circulación fluida de conocimientos) y horizontal (gestión compartida)/vertical(gestión jerárquica). Fuente: Producción propia.

8.1.3. Redes complejas interconectadas y tipologías y procesos de atribución conductual

En el texto *What are the Different Types of Art Science Collaboration* (2010), el físico y profesor de Arte y Tecnología de la *University of Texas at Dallas* (EE.UU) y fundador de la organización *Leonardo/ISAST*, Roger F. Malina, escribe sobre los diferentes tipos de colaboraciones que pueden surgir entre artistas y científicos. En base a su texto, se pueden observar tres tipos de relaciones de interés arte-ciencia para el desarrollo de proyectos (figura 268):

1. **Actividad artística como objeto de la investigación científica**. Supone el desarrollo de proyectos de investigación científica focalizados en la actividad artística. Caben dos posibles resultados en este tipo de proyectos:

   a) Colaboración entre el artista y el científico sin que éste utilice al artista como objeto.
   b) Investigación científica del trabajo artístico, sin la inclusión del artista en este proceso.

2. **Colaboración entre artistas y científicos**. Incluye a científicos y a investigadores que colaboran con artistas en proyectos comunes. El resultado puede beneficiar a una parte de los colaboradores o a ambos. En el segundo caso, el resultado ideal se manifiesta en publicaciones científicas donde los artistas figuran como coautores y en obras de arte donde los científicos aparecen como coautores. El objetivo de este tipo de colaboraciones se puede manifestar de tres formas:

a) **Creatividad**. Malina sugiere que el funcionamiento de la colaboración en este caso se justifica por la creatividad. Los científicos adquieren habilidades creativas y nuevas perceptivas de la realidad.

b) **Innovación**. Proyectos de innovación tecnológica desarrollados por científicos o ingenieros en colaboración con artistas. El resultado de este tipo de trabajos colaborativos es la coautoría de todos los miembros del grupo. Los artistas se incluyen como co-inventores junto a los científicos.

c) **Beneficio social**. Por un lado las colaboraciones arte-ciencia pueden fomentar la apropiación cultural de la ciencia. En este caso los científicos o los ingenieros se comprometen con las artes y las humanidades con el fin de enriquecer su trabajo científico-técnico con el significado y la parte emocional proporcionadas por los artistas. Por el otro lado, las colaboraciones entre artistas y científicos fomentan la divulgación de la ciencia. En este caso los científicos o ingenieros divulgan su trabajo y lo transmiten al público general a través del arte con el objetivo de atraer a los jóvenes a la ciencia y a la ingeniería.

3. **Producción profesional artístico-científica autónoma**. Malina se refiere aquí a la producción profesional procedente de individuos que dominan tanto el lenguaje del ámbito artístico, como él del científico. Realizan activamente su trabajo paralelamente en las dos áreas de forma igualmente exitosa.[346] En este caso, la unión del arte con la ciencia está presente en el trabajo de un único individuo. El funcionamiento de este tipo de trabajo, Malina lo basa en las nociones de creatividad e innovación.



Figura 268. Tipología de colaboración en el ámbito arte-ciencia según Roger Malina (2010).
Fuente: Producción propia.

[346] Malina, R. (el 29 de agosto, 2010). What are the Different Types of Art Science Collaboration. Roger Malina. Recuperado de: http://malina.diatrope.com/2010/08/29/what-are-the-different-types-of-art-science-collaboration/ (Consultado el 05.10.2018). "Note: this is the classic/romantic model of the individual genius."

8.2. Factores a nivel individual y profesional que fomentan y obtienen un resultado satisfactorio del proceso colaborativo

La colaboración tiene valor en diferentes ámbitos de la vida del ser humano. Con el desarrollo científico y la expansión del conocimiento, ha aumentado paralelamente la complejidad de los problemas investigados. Cada vez resulta más difícil la resolución de estos problemas aplicando solo los conocimientos y la metodología de una sola disciplina. Ha aumentado el número de temas de investigación que requieren que la interacción interdisciplinaria se aplique a ideas, conceptos y conocimientos de diferentes ámbitos para aumentar así la calidad del trabajo resultante. De este modo se multiplican los recursos y se aumentan las posibilidades de solución de los problemas tratados.

8.2.1. Circuitos contributivos y comportamientos asociados

El desarrollo y el éxito de la colaboración depende de diferentes factores. Observando las colaboraciones científicas realizadas en Eslovenia, Groboljšek et al. (2014) distinguen los factores que influyen en el desarrollo de los trabajos colaborativos (figura 269):

- Factores externos. Los factores externos propuestos por estos autores describen la perspectiva social, académica y financiera de la colaboración.[347] Incluyen también el tamaño del equipo de colaboradores, los recursos disponibles, el apoyo institucional y la disponibilidad de los centros de investigación.
- Factores internos. Se centran a describir la motivación que tienen los investigadores para colaborar con otros profesionales. Señalan la necesidad de realizar un acuerdo entre todas los colaboradores para asegurar la calidad del trabajo y asignar los méritos a cada participante. Incluye especificar asuntos relacionados con los modelos de coordinación y gestión del proyecto, así como la comunicación y difusión de sus resultados. Especifica también la cuestión de liderazgo y constitución y pertenencia al equipo.

[347] Groboljšek, B., Ferligoj, A., Mali, F., Kronegger, L., Iglič, H. (2014). The Role and Significance of Scientific Collaboration for the New Emerging Sciences: the Case of Slovenia. En *Teorija in Praksa*, let. 51, 5/2014, pp. 866-885. Pág. 867. "The external (social) factors contributing to scientific collaboration are almost endless. Namely, scientific collaboration is an intrinsically social process and, as with any form of human interaction, there may be at least as many contributing factors as there are actors involved in scientific collaboration."



Figura 269. Clasificación de los factores que influyen al proceso colaborativo propuestos por Groboljšek et al. (2014). Factores externos recogen infraestructura, recursos y gestión de equipos. Factores internos recogen relaciones interpersonales, motivaciones y gestión del trabajo dentro del grupo. Fuente: Producción propia.

Las ventajas de la colaboración entre individuos se pueden observar a nivel personal y a nivel profesional. Los dos niveles se encuentran estrechamente vinculados, y ambos hacen referencia al grado de progreso en la adquisición de conocimientos y experiencias en el ámbito académico, así como al desarrollo de relaciones interpersonales.

Cada colaboración parte del interés compartido entre los profesionales que participan en este tipo del trabajo. Basados en su propia experiencia de colaboración en el contexto del arte y la ciencia, Wright y Linney (2006) destacan, por un lado, la importancia del interés compartido para el desarrollo de una misma idea y, por otro, la importancia de la reacción del público. La aceptación de los resultados de la colaboración por parte del público aporta credibilidad y mantiene el trabajo colaborativo. La reacción del público se puede manifestar en forma de financiación pública que facilitará la realización del trabajo, aumentando de esa manera su valor.

La finalidad deseada en la colaboración entre el arte y la ciencia es el resultado beneficia a los dos ámbitos. El artista realiza un proyecto, mientras que el científico logra avanzar en su investigación. El problema puede surgir en caso de que uno de los dos lados, o ninguno de ellos, no logre el objetivo deseado. Esto puede ser resultado de una comunicación insuficiente entre los colaboradores, lo que causa la incomprensión mutua. El mismo problema puede surgir en aquellas situaciones en las que una de las partes se aproveche del trabajo de sus colaboradores, sin aportar nada a cambio a éstos. Malina (2010) ejemplifica la situación indicando que los temas de investigación científica son una actividad creativa para los artistas. Para llevar una colaboración exitosa, los científicos deben incluir a los artistas en el trabajo y colaborar con ellos, sin observarles como meros objetos de la investigación.

8.2.2. Construcción de experiencias biográficas diferenciadas

La colaboración observada a nivel individual se puede analizar desde tres perspectivas. La primera, personal, incluye factores relacionados con el investigador individual, tales como su enriquecimiento personal o las relaciones con otros investigadores. La segunda, laboral, implica el desarrollo de nuevas habilidades y conocimientos que se puedan aplicar en el desarrollo de nuevos proyectos. La tercera, social, se refiere a la posición del individuo dentro del ámbito de investigación general (figura 270). Este enfoque se puede aplicar a las colaboraciones que se realizan entre artistas y científicos.



Figura 270. Clasificación de los impactos que el trabajo colaborativo aporta a los profesionales a nivel individual (perspectivas personal, laboral y social). Fuente: Producción propia.

1. Personal

La perspectiva personal analiza el papel que el investigador individual juega en el trabajo colaborativo. Aunque la colaboración aporte, indudablemente, nuevos conocimientos, ideas y perspectivas al individuo, también contempla la valoración de las relaciones interpersonales que desarrollan sus participantes. El éxito de la colaboración depende de las habilidades de comunicación de las personas implicadas, así como de su nivel de apertura hacia nuevas ideas y propuestas.

En el texto *The Benefits of Engaging in Collaborative Research Relationships* (2017), el becario postdoctoral de la *University of Cincinnati* (EE.UU), Joel G. Sprunger, describe la colaboración entre individuos con enfoques distintos, pero complementarios, como una experiencia enriquecedora. Señala que colaborando con profesionales de distintos ámbitos se crean ideas y perspectivas nuevas que favorecen el desarrollo de la investigación.

Los profesores Niki Vermeulen (*University of Manchester*, Reino Unido), John N. Parker (*Arizona State University*, EE.UU) y Bart Penders (*Maastricht University*, Holanda), en su

artículo *Understanding life together: A brief history of collaboration in biology* (2013), observan la presencia de las emociones como un factor relevante a tener en cuenta durante el proceso de la colaboración. Aparte de aportar conocimientos de distintas especialidades, los autores escriben cómo es de importante tener en cuenta las relaciones entre las personas que colaboran, porque de estas relaciones pueden derivar compromisos personales con el proyecto, con el equipo y con las actividades que se realizan durante la investigación.[348]

Hara, Solomon, Kim y Sonnenwald (2003) citan dos tipos de incentivos importantes para el desarrollo de trabajos colaborativos. Los externos aluden a los logros personales de los investigadores y se traducen a formas de prestigio, financiación y/o publicaciones. Los internos, más personales, se relacionan con el interés despertado por el tema de investigación o con la empatía hacia el resto del personal colaborador. Los elementos externos son valores a tener en cuenta para el desarrollo de la colaboración complementaria, en la cual se realiza parte del trabajo, y los elementos internos son valores a tener en cuenta para el desarrollo de la colaboración integradora, donde todos los agentes participan en todos los procesos del proyecto.[349]

2. Laboral

La perspectiva laboral de la colaboración, observada a nivel individual, implica el desarrollo de diferentes habilidades resultado del contacto realizado con otros profesionales. Las habilidades incluyen la mejora en la comunicación con las personas que provienen de ámbitos diferentes, así como un aprendizaje de otras metodologías que se pueden aplicar en la investigación.

La colaboración con profesionales de otros ámbitos, en adición a nuevas ideas y perspectivas, proporciona también al propio investigador el aprendizaje necesario sobre nuevos métodos de trabajo, lo que le habilita para desarrollar otras topologías de proyectos en el futuro (Sprunger, 2017).[350]

---

348 Vermeulen, N., Parker, J. N., & Penders, B. (2013). Understanding life together: A brief history of collaboration in biology. *Endeavour*, *37*(3), pp. 162–171. http://doi.org/10.1016/j.endeavour.2013.03.001. Pág. 164. "Research has also demonstrated the importance of strong interpersonal relationships and deep emotional commitments to the group and its ideas for motivating and structuring collective scientific work."

349 Hara, N., Solomon, P., Kim, S.L., y Sonnenwald, D.H. (2003). An emerging view of scientific collaboration: Scientists' perspectives on collaboration and factors that impact collaboration. *Journal of the American Society for Information Science and Technology, Vol. 54*, August, 2003, pp. 952-965. Pág. 963. "External incentives, such as funding, publications, and prestige, are more important at the complementary level of collaboration. They are fundamental factors, which encourage collaboration. However, these external incentives do not automatically lead people to eventually establish integrative collaboration. Integrative collaboration requires the avail-ability of internal incentives, such as solving interesting research problems and personal compatibility."

350 Sprunger, J.G. (el 30 de noviembre, 2017). The Benefits of Engaging in Collaborative Research Relationships. *Observer, Association for Psychological Science*. Recuperado de: https://www.psychologicalscience.org/observer/the-benefits-of-engaging-in-collaborative-research-relationships. (Consultado el 01.10.2018). "Being able to work effectively with professionals from many different backgrounds

El contacto con personas de otras áreas de conocimiento puede mejorar las habilidades de comunicación de los investigadores, al existir una necesidad de comunicar las ideas para que sean comprensibles para todos. La forma de dirigirse a los compañeros de disciplina a menudo difiere de la forma de dirigirse a otras audiencias. La comunicación, en este último caso, requiere una comunicación más pormenorizada (Sprunger, 2017).[351]

En el caso de las colaboraciones artístico-científicas vistas desde la perspectiva laboral, el desarrollo de nuevas habilidades se manifiesta sobre todo en el uso de diferentes tecnologías y técnicas (aplicable a aquellos artistas que producen sus obras con materiales de laboratorio usando herramientas científicas), en la aplicación de metodologías específicas utilizadas para tratar un problema concretos (aplicable a los artistas y científicos que intercambian métodos y nuevas perspectivas para observar los temas que tratan) y en la mejora de las habilidades de comunicación. El este último caso, la mejora de las habilidades comunicativas, se aplica tanto a los artistas como a los científicos, ya que ambos tienen que explicar los detalles de su propio trabajo a los colaboradores que provienen de ámbitos diferentes. Es decir, en el caso ideal, cada colaborador desarrolla la habilidad de explicar su trabajo de forma clara y comprensiva. El profesor de psicología de la Michigan State University (EE.UU), Robert Root-Bernstein, destaca que entre las habilidades artísticas que pueden ser adquiridas por los científicos, están las siguientes: observar, crear imágenes y abstraer; habilidades sensuales y de manipulación; creación de analogías para desarrollar nuevos enfoques en la solución de problemas; experimentar con diferentes materiales, estructuras, fenómenos y técnicas; experimentar con el proceso creativo; y el recreo para la relajación y revitalización de la mente.

3. Social

La perspectiva social de la colaboración, a nivel individual, se refiere a la posición que tiene un investigador en el proceso general de la investigación y a la credibilidad y a la visibilidad de él y de su trabajo. También incluye, en su caso, el asunto de la jerarquía profesional presente entre los colaboradores, así como la compatibilidad entre ellos. Groboljšek et al. (2014) destacan las diferentes habilidades y conocimientos que se pueden adquirir con el contacto con el resto de profesionales durante el proceso de la investigación colaborativa. A nivel social, la colaboración facilita la visibilidad de los investigadores y de las instituciones donde se realizan los proyectos.[352]

---

can... be a very marketable skill. Additionally, such collaborations will keep your research interests fresh and give you new angles for approaching your studies. Working with others outside of your academic comfort zone can also provide you with novel skills, theories, and methods that enrich your research and make you a more unique, innovative, and marketable professional."

[351] Ibidem. "Another benefit of collaborating with individuals outside of your lab is the opportunity to develop as a scholarly author. Writing with different collaborators and for different audiences requires you to communicate your ideas and methods more effectively than you might when writing for your peers and close colleagues."

[352] Groboljšek, B., Ferligoj, A., Mali, F., Kronegger, L., Iglič, H. (2014). The Role and Significance of Scientific

Sonnenwald (2007) propone que una de las ventajas de la investigación colaborativa es la posibilidad de aumentar la visibilidad del científico que forma parte del equipo. Su posición dentro de un equipo de investigación reconocido le proporciona aceptación en el ámbito específico en el que está realizando el trabajo.[353] Groboljšek et al. (2014) mencionan que en este tipo de colaboraciones los autores en tanto individuos pueden ver afectada su visibilidad personal, debido a que en estos casos de colaboración la visibilidad se centra en el grupo y en el proyecto.

El profesor de Física de la *Margalla Campus Islamabad* (Pakistan), Umair Qureshi, escribe sobre la idea de igualdad entre todos los participantes en los trabajos colaborativos. En el texto *Collaboration: A Necessity, Not an Option* (2015) propone que las culturas colaborativas fuertes no fomentan las diferencias entre veteranos y novicios, sino que estas diferencias se borran, de modo que todos los integrantes tienen la misma posición dentro del grupo, independientemente de su experiencia.[354]

Groboljšek et al. (2014) describen la importancia de la compatibilidad a nivel personal. La compatibilidad personal es importante tanto en la colaboración complementaria, dónde cada participante realiza su parte del trabajo, así como en la colaboración integral, dónde los participantes toman parte en el trabajo de la forma paritaria. Aparte de la compatibilidad personal, la colaboración requiere la compatibilidad laboral, que implica tener en cuenta la forma de trabajar, la forma de organizar las tareas y la forma de elegir las prioridades. La compatibilidad es importante también en cuanto que trata de la proximidad geográfica, los intereses y las experiencias de los investigadores. Si existe la compatibilidad entre los investigadores implicados en el mismo trabajo, hay posibilidad de realizar colaboraciones en futuros proyectos.[355]

Collaboration for the New Emerging Sciences: the Case of Slovenia. En *Teorija in Praksa*, let. 51, 5/2014, pp. 866-885. Pág. 875. "Overall, gaining and obtaining connections with the best scientists gives researchers and research institutions an opportunity to remain in the centre of global innovative networks."

353 Sonnenwald, D. (2007). Scientific collaboration. En: Cronin, B. (ed.) *Annual Review of Information Science and Technology*. Vol. 41, Issue 1. pp. 643-681. Medford, New Jersey: Information Today, Inc. Pág. 650-651. "Collaboration can also increase a scientist's credibility, for it is viewed as a form of acceptance, or a rite of passage, within the scientific community."

354 Qureshi, U. (el 4 de diciembre, 2015). *Collaboration: A Necessity, Not an Option*. *Inservice*, *ASCD*. Recuperado de: http://inservice.ascd.org/collaboration-a-necessity-not-an-option/. (Consultado el 02.10.2018). "Often, there is a clear discrepancy between novice and veteran teachers: novice teachers seek opportunities to grow and veteran teachers act as authorities. In strong collaborative cultures where teachers are well connected, these discrepancies are minimalized and no one is left behind. When no teacher is left behind, no child in the school is left behind. There is no difference between a veteran teacher's class and a novice teacher's class."

355 Groboljšek, B., Ferligoj, A., Mali, F., Kronegger, L., Iglič, H. (2014). The Role and Significance of Scientific Collaboration for the New Emerging Sciences: the Case of Slovenia. En *Teorija in Praksa*, let. 51, 5/2014, pp. 866-885. Pág. 874. "Namely, from researchers' point of view there is a great chance that they will successfully collaborate with previous co-authors of their scientific articles since they have already 'paid' the starting costs of their collaborative work in terms of language, research approaches and methodologies."

Hara, Solomon, Kim y Sonnenwald (2003) proponen que la colaboración complementaria requiere la compatibilidad en el estilo de escribir y trabajar, mientras que la colaboración integral necesita la compatibilidad en el estilo de gestionar el trabajo. Cuanto más integral es una colaboración, se hace más necesaria la compatibilidad de enfoques, pero también la compatibilidad de las personalidades de profesionales implicados.

En el caso de la realización de colaboraciones entre artistas y científicos, desde esta perspectiva social, se considera necesario tener una posición estable y paritaria de los colaboradores dentro del grupo. La compatibilidad personal y la diversidad de ideas, conceptos y métodos enriquece el proceso de cualquier trabajo colaborativo.

8.2.3. Mecanismos profesionales de aproximación cognitivo-conductuales

La colaboración considerada a nivel profesional está relacionada con el avance laboral de los investigadores en base a su progreso personal. Cada individuo participa aportando sus propios conocimientos y metodologías para resolución de un objetivo común. El análisis de las ventajas de esta colaboración y su manifestación en la esfera laboral incluye tres perspectivas distintas. La primera se refiere al progreso laboral de las personas que integran el equipo de investigación. La segunda se refiere a la repercusión social, a la visibilidad de su proyecto dentro del ámbito académico en el que se desarrolla, y en relación con otros grupos de investigación. La tercera recoge los modos de financiación que utiliza el proyecto para su desarrollo y señala los beneficios económicos necesarios para su desarrollo (figura 271).

1. Laboral

La perspectiva del progreso laboral de la colaboración, observada a nivel profesional, analiza el trabajo o el proyecto colaborativo desde la credibilidad de los datos y de información, la evaluación por pares de proceso y el grado de innovación que los resultados alcanzan. Qureshi (2015) utiliza el término "despersonalización" para describir el ámbito en el que las opiniones individuales no resultan suficientes para elaborar los resultados de la investigación, sino que se precisa disponer de pruebas o indicios basados en el conocimiento y/o en la experiencia colectiva.[356] La inclusión de información y datos para describir el proceso construido aumenta la credibilidad del proyecto ya que todos los profesionales colaboran en la exactitud y la calidad de los datos obtenidos (Sonnenwald, 2007).[357] La innovación de los proyectos colaborativos consiste en aportar nuevas

[356] Qureshi, U. (el 4 de diciembre, 2015). *Collaboration: A Necessity, Not an Option*. *Inservice*, *ASCD*. Recuperado de: http://inservice.ascd.org/collaboration-a-necessity-not-an-option/. (Consultado el 02.10.2018). "Collaboration helps nurture an educational culture where people don't give weight to an individual's opinion but instead look for evidence before practising a new policy or action."

[357] Sonnenwald, D. (2007). Scientific collaboration. En: Cronin, B. (ed.) *Annual Review of Information Science and*

soluciones a problemas conocidos con el objeto de construir nuevos ámbitos de conocimiento (Sonnenwald, 2007).



Figura 271. Clasificación de los impactos que el trabajo colaborativo aporta a los profesionales a nivel profesional (perspectivas laboral, social y financiera). Fuente: Producción propia.

2. Social

Desde una perspectiva social los proyectos colaborativos contemplan la evaluación por pares del proyecto de los grupos de investigación en el que se desarrollan y las instituciones que los acogen (credibilidad) (Vermeulen, Parker y Penders, 2013).[358]

Contemplan también la visibilidad del proyecto y de los investigadores en el propio ámbito académico en el que se desarrolla y en las instituciones con las que colaboran para su desarrollo. Añaden también la necesidad de comunicar sus logros a otros grupos de investigación y a incluir los resultados en disciplinas académicas próximas (Groboljšek et al., 2014).[359]

Se contempla también la posibilidad de explotar comercialmente los resultados obtenidos a través de patentes o registros de la propiedad intelectual (competitividad). En estos casos se estipula la distribución de los beneficios y la valoración de riesgos relacionados con procesos de espionaje y posibles daños debidos a una explotación indebida de los resultados (Groboljšek et al., 2014; Sonnenwald, 2007).

Technology. Vol. 41, Issue 1. pp. 643-681. Medford, New Jersey: Information Today, Inc. Pág. 650. "It can increase scientific reliability and the probability of success because more than one person is considering the accuracy, quality, and meaning of the results..."

358 Vermeulen, N., Parker, J. N., & Penders, B. (2013). Understanding life together: A brief history of collaboration in biology. *Endeavour*, *37*(3), pp. 162–171. http://doi.org/10.1016/j.endeavour.2013.03.001. Pág. 164. "Other motives include the need for complementary specialties or disciplines, as well as pressure for societal relevance... and to increase scientific credibility at the level of the project or even discipline."

359 Groboljšek, B., Ferligoj, A., Mali, F., Kronegger, L., Iglič, H. (2014). The Role and Significance of Scientific Collaboration for the New Emerging Sciences: the Case of Slovenia. En *Teorija in Praksa*, let. 51, 5/2014, pp. 866-885. Pág. 874-875. "In a general sense, all actors (institutions, researchers, managers and policymakers) agree about the benefits of scientific collaboration: education institutions gain visibility when they collaborate with distinguished researchers..."

Se hace necesario contemplar posibles conductas poco éticas en el trabajo colaborativo, debido al alto número de participantes e intereses particulares para cada uno de ellos. (Sonnenwald, 2007).[360]

3. Financiera

La financiación es uno de los factores cruciales para la realización de cualquier investigación y como tal requiere prestar atención al trabajo administrativo y a la búsqueda de los recursos necesarios para el desarrollo del trabajo.

Groboljšek et al. (2014) indican que para conseguir la financiación necesaria para realizar un proyecto es necesaria la participación de los grupos de investigación en las convocatorias competitivas de los sistemas nacionales e internacionales, que los gobiernos e instituciones promueven.[361] Otra posibilidad es utilizar fuentes de financiación privada que proviene de empresas o instituciones interesadas en resultados o de empresas creadas en el ámbito académico (startups). En estos casos es necesario proteger los datos, ideas, materiales y conocimiento, y asegurar su confidencialidad e intercambio. Estos modelos de financiación requieren reservar un tiempo para la gestión administrativa del proyecto, que a veces resulta muy costoso en relación con la productividad.

Otra posibilidad de financiar el proyecto podría ser repartir los costes de las herramientas y materiales y otros costes necesarios para el desarrollo del proyecto (Vermeulen, Parker y Penders ,2013).

Sonnenwald (2007) advierte cómo los intereses políticos establecidos para financiar unos proyectos u otros, tanto a nivel nacional como internacional, pueden favorecer o no el poder conseguir ayudas en determinados proyectos específicos que no están alineados con los temas de interés propuestos.

---

[360] Sonnenwald, D. (2007). Scientific collaboration. En: Cronin, B. (ed.) *Annual Review of Information Science and Technology*. Vol. 41, Issue 1. pp. 643-681. Medford, New Jersey: Information Today, Inc. Pág. 651. "For example, collaborations between advanced and developing countries may occur in order to conduct unethical clinical trials, biological warfare experiments, or investigations involving natural resources that are prohibited in advanced countries."

[361] Groboljšek, B., Ferligoj, A., Mali, F., Kronegger, L., Iglič, H. (2014). The Role and Significance of Scientific Collaboration for the New Emerging Sciences: the Case of Slovenia. En *Teorija in Praksa*, let. 51, 5/2014, pp. 866-885. Pág. 873. "It appears that financial resources play a significant part in scientific collaboration... Financial factors are also related to achieve competitiveness and economic growth... This is one reason that private and public funding agencies encourage interdisciplinary, international and inter-institutional collaboration..."

Capítulo 9

Análisis de las relaciones simbióticas. Tipología y estrategias procesales

Las producciones artísticas contemporáneas analizadas en este proyecto de tesis parten de un hecho científico determinado. El artista utiliza los conocimientos, las metodologías y las tecnologías próximas a este hecho. Los procesos constructivos de los proyectos requieren un análisis de los modelos de colaboración que se producen entre artistas y científicos para gestionar los conocimientos y saberes implícitos y las etapas del desarrollo necesarias para la realización de este proceso. El noveno capítulo está dividido en dos partes.

La primera parte analiza tres estrategias de aproximación que el artista utiliza para apropiarse de los contenidos de la investigación científica. El artista desarrolla sus proyectos teniendo en cuenta el hecho científico: lo observa, participa y experimenta su lenguaje, y propone modelos conceptuales de forma autónoma. En este capítulo se estudia el proceso colaborativo arte-ciencia y se describen dos tipos de relaciones simbióticas: comensalismo (formato unilateral, dónde solo uno de los ámbitos de conocimiento que participan en la relación se beneficia) y mutualismo (formato multilateral, donde los dos ámbitos de conocimiento se benefician de la forma equitativa).

La segunda parte propone un estudio de casos de modelos de colaboración interdependientes asociados a los procesos constructivos del proyecto: introducción, desarrollo y conclusión. Se analizan diez proyectos de colaboración que ejemplifican modelos simbióticos entre artistas y científicos. Estos proyectos forman son una selección de los que se analizan en el capítulo cinco de esta tesis.

9.1. Comportamientos asociados al ámbito investigación - creación

La interacción del arte y la ciencia se puede llevar a cabo de diferentes maneras. Cada uno de estos dos ámbitos de conocimiento puede servir como referente o punto de inspiración estético, conceptual o procedimental para el otro. En primer lugar se van a analizar cuatro propuestas sobre las posibles formas de interacción arte-ciencia, proporcionadas por distintos expertos en el sector cultural. A continuación se van a estudiar las formas en las que se pueden beneficiar los expertos de ambas áreas a través de la interacción de sus áreas de trabajo.

9.1.1. Tácticas relacionales. Procesos de creación (in)dependientes

En el artículo *The Scientific Methods of Max Ernst: His Use of Scientific Subjects from La Nature* (1980), dedicado al impacto que la ciencia realiza sobre el trabajo de Max Ernst, la historiadora del arte de la *University of Warwick* (Reino Unido), Charlotte Stokes, analiza cómo los artistas tratan los contenidos y las imágenes producidas por la investigación científica. La autora observa que ciertos artistas se proponen interpretar conceptos específicos a través de la objetividad fotográfica. Este caso está presente en el ámbito de la ilustración científica, donde los artistas muestran información de una forma precisa, clara y objetiva. Otros artistas, según Stokes, tratan un problema artístico específico, de forma análoga a como los científicos abordan el enfoque estrecho de una materia concreta. Algunos artistas, inspirándose en temas e imágenes propios de la ciencia, los utilizan para realizar una manifestación expresiva de su subjetividad interna.[362]

En el libro *Theories of art 3. From Impressionism to Kandinsky* (2001), el profesor de arquitectura y bellas artes de la *Hebrew University of Jerusalem* (Israel), Moshe Barasch, propone la existencia de dos tipos de impacto de la investigación científica aplicable a la producción artística: el impacto directo y el impacto indirecto. El impacto directo supone la puesta a disposición de los artistas de los elementos teóricos (temas, descubrimientos y conceptos) y prácticos (herramientas y materiales) de la ciencia para que puedan ser empleados como recursos durante su proceso creativo. Indican que es un tipo de impacto poco frecuente. El impacto indirecto supone realizar una libre selección e interpretación de los temas científicos tratados por los artistas. En este caso, los artistas interpretan el problema elegido de una manera personal y sin necesidad de que se entienda de forma precisa o con rigor científico específico.

[362] Stokes, C. (1980). The Scientific Methods of Max Ernst: His Use of Scientific Subjects from La Nature. *The Art Bulletin, 62*(3), pp. 453-465. doi:10.2307/3050030. Pág. 453. “Some artists attempt a "photographic" objectivity in their works. Others explore - to the exclusion of all other trends - one narrow artistic problem mirroring the narrowing of topic demanded of modern scientific method… Scientific subjects were seen by these and other twentieth-century artists as rich sources of visual ideas that could be developed in highly individualized ways.”

El director del Centro de Arte Contemporáneo Laznia, en Gdańsk (Polonia), Ryszard W. Kluszczynski, valora la interacción arte-ciencia atendiendo a la medida y a la intensidad del contacto entre los artistas y los científicos. En el texto *Towards the Third Culture: The Co-Existence of Art, Science, and Technology* (2011), Kluszczynski propone tres tipos de relaciones artístico-científicas. El primer tipo, que el autor describe como "la ciencia para el arte", supone que los artistas se inspiran en diferentes imágenes científicas (astronómicas, microscópicas, radiográficas, etc.) que contribuyen a dar valor estético a la creación artística. La ciencia y sus resultados son fuentes visuales que sirven para la creación artística.[363] El segundo tipo de interacciones arte-ciencia propuesto por Kluszczynski supone que el artista se inspira en el ámbito conceptual de la ciencia y la tecnología y profundiza en el conocimiento de los temas tratados por científicos. Las obras de arte creadas en este tipo de interacción sirven como puente entre la investigación científica y el público en general.[364] El tercer tipo de interacciones arte-ciencia, denominado "arte para la ciencia" por Kluszczynski, pone en el arte el peso de la función cognitiva. En relación con la ciencia, el arte produce un conocimiento propio independiente en cuanto a su compromiso por visualizar, popularizar o criticar el conocimiento científico.[365]

Atendiendo a las propuestas de Stokes, Barasch y Kluszczynski y al análisis de los proyectos artísticos realizado en la tercera parte de este proyecto se puede proponer una clasificación de los proyectos en tres modalidades de interacción arte-ciencia que corresponden a los tres tipos de diálogo entre artistas y científicos, y atendiendo a la profundidad con la que el artista entra en el ámbito científico. La ciencia puede ser un referente estético (ofreciendo las imágenes de la investigación científica o distintas herramientas de laboratorio), conceptual (proponiendo ideas, conceptos y conocimientos sobre un tema específico de investigación científica) o procedimental (ofreciendo las técnicas y el uso de herramientas tecnológicas y de laboratorio). Las categorías propuestas están determinadas por los siguientes parámetros: el uso de elementos científicos (los temas, los métodos, las técnicas,

[363] Kluszczynski, R.W. (2011). art@science. About Relations between Art and Science. En: Kluszczynski, R.W y Zawistowska-Toczek, D. (Eds.) *Towards the Third Culture: The Co-Existence of Art, Science, and Technology*. Art+Science Meeting. pp. 32-42. Laznia Centre for Contemporary Art, May 2011. National Centre for Culture, Gdansk, Poland. Pág 35. "The above described type of art and science relation I define with the formula *science for ar*t because as a result only art receives new qualities, new shapes, proposes new fields of meanings which are negotiated by the audience. The sphere of science in this case is a source, promoter or context of artistic transformations, without being subject to transformation itself at the same time."

[364] Ibidem. Pág 38. "However, due to the complicated procedures and hermetic language in which it speaks and expresses itself, science remains incomprehensible and inaccessible to most of us. Art pieces...– however indirectly – help science to reach those for whom it is inaccessible to become part of their world."

[365] Ibidem. Pág. 40-41. "Artists involved in this sort of activities believe that science should not be perceived any more as the only area of social practices where knowledge is produced. As a result of this attitude, art takes up new tasks and rejects the traditional division between objective science and subjective art. It aspires to the role of a research environment, a source of valid and valuable knowledge. The relations of this art with science are no longer limited, as they used to be, to popularisation or critical references to the results of scientific research. Art may be and often is an area and a method of research."

las herramientas, los materiales, etc.), la adquisición de nuevos conocimientos y de habilidades (un conocimiento más profundo sobre los temas investigados y la habilitación de los artistas para el uso de las herramientas tecnológico-científicas) y el funcionamiento independiente del artista en el entorno científico (mide la habilidad del artista para usar las herramientas tecnológicas y trabajar con los procesos y procedimientos científicos de forma independiente en un laboratorio u otro ámbito científico-tecnológico) (figura 272).

	MODALIDAD 1 **Artista observador** ARTE — CIENCIA	**MODALIDAD 2** **Artista participante** ARTE — CIENCIA	**MODALIDAD 3** **Artista científico** ARTE — CIENCIA
Uso de los elementos científicos	Imágenes, contenidos	Imágenes, contenidos, herramientas	Imágenes, contenidos, herramientas, tecnologías
Conocimientos y habilidades	X	Proceso de aprendizaje: conocimientos científicos específicos; desarrollo de habilidades operativas; consultoría de expertos	Autonomía en la interpretación/ comprensión del conocimiento; Identificación de necesidades conceptuales científicos
Funcionalidad independiente del artista	X	X	Uso autónomo de materiales y herramientas científicas e incorporación de procedimientos de seguridad en el trabajo.

Figura 272. Tres modalidades de las interacciones arte-ciencia basadas en el tipo de los elementos científicos usados, la adquisición del conocimiento y las habilidades por parte del artista y la posibilidad del funcionamiento independiente del artista en las instalaciones científicas. Fuente: realización propia.

1. Artista observador. Individuo que produce obras de arte inspiradas en la ciencia, sin el uso de los métodos, procesos o herramientas característicos de ésta. El artista es un observador que elige temas tratados e imágenes producidas por los científicos e interpreta este material de forma subjetiva y libre en su producción artística. El contacto y la interacción entre el artista y el científico es inexistente o se desarrolla de manera superficial, ya que los científicos solo proporcionan imágenes y/o conocimientos de su investigación. El artista realiza sus actividades en el ámbito artístico, sin hacer ninguna incursión conceptual en el área de la ciencia.

2. Artista participante. Individuo involucrado en el contacto con los científicos. El artista adquiere conocimientos sobre un tema de estudio científico específico y/o sobre el uso de herramientas y/o tecnologías disponibles en las instalaciones científicas, y lo hace con la ayuda de expertos. El contacto de los artistas con los científicos se produce con el desplazamiento del artista al espacio/concepto propio

del ámbito de la ciencia. En muchos casos, el propio artista se presta a comunicar y/o difundir la investigación científica al público general. Algunos de los artistas que realizan sus proyectos partiendo de estos principios colaboran estrechamente con los científicos, mientras que otros tienen formación como científicos y trabajan en el ámbito artístico, y/o tienen formación profesional tanto en el ámbito del arte como en él de la ciencia.

3. Artista científico. Esta modalidad propone el desarrollo de una colaboración profunda entre el arte y la ciencia. Los conceptos, las metodologías y los conocimientos de las dos áreas de estudio se encuentran estrechamente conectados. Tanto el arte como la ciencia producen el conocimiento utilizando y aunando elementos propios de la investigación científica con elementos propios de los procesos artísticos. El trabajo artístico se desarrolla dentro de las instalaciones científicas y está definido por el uso de la tecnología. El cambio de los medios abre la posibilidad de desarrollar obras de carácter científico-artístico relacionadas con el *BioArt*, la robótica, la genética, etc.

9.1.2. Simbiontes. Relaciones de comensalismo y de mutualismo

Las interacciones artístico-científicas pueden resultar beneficiosas no solo para una de las partes (solo artistas o solo científicos), sino para ambas. Cuando el beneficio resulta para las dos partes, la colaboración entre artistas y científicos deriva en un provecho mutuo. La relación arte-ciencia puede describirse atendiendo a dos tipos de simbiosis presente entre distintos organismos (figura 273):

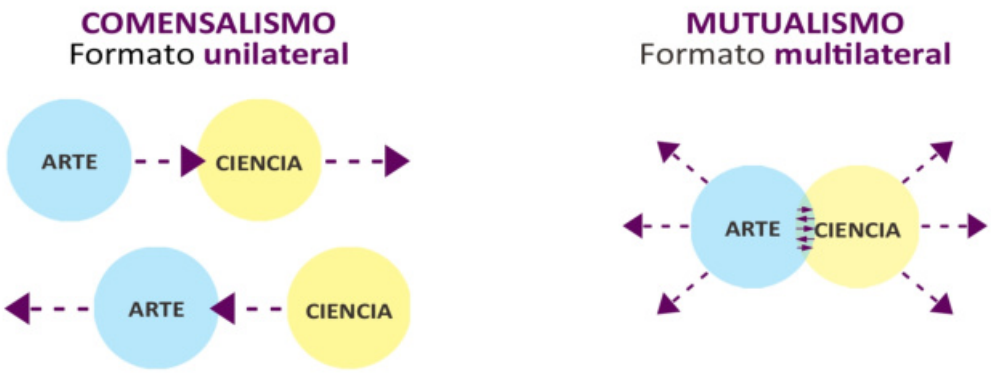


Figura 273. Tipologías simbióticas arte-ciencia: comensalismo (beneficio unilateral, donde solo uno de los participantes en el proceso colaborativo se beneficia) y mutualismo (beneficio multilateral, donde se benefician todos los participantes en el proceso colaborativo). Fuente: Producción propia.

- Comensalismo. Supone la interrelación entre dos organismos de diferentes especies donde uno se beneficia sin causar daño alguno al otro. Se puede describir como un tipo

de interacción unilateral "que se refiere o se circunscribe solamente a una parte o a un aspecto de algo."[366] En términos de interacción arte-ciencia, se puede observar de dos maneras. Visto desde el punto de vista artístico, este formato está presente en las obras inspiradas en temas e imágenes producidas en el campo de la ciencia, de tal modo que el artista puede interpretarlas de forma libre y sin tener como objetivo la adquisición de un conocimiento significativo sobre el tema o las técnicas empleadas por los científicos y sin necesidad de colaborar con los expertos de otras áreas profesionales. El filósofo Paul Crowther, la historiadora del arte Isabel Wünsche y la bióloga Maura Flannery, observan este tipo de interacción arte-ciencia en las obras de Ernst, Kandinsky, Klee, etc., que buscaban relacionar las formas abstractas presentes en sus obras con imágenes propias del ámbito de la ciencia[367] e interpretaban las formas orgánicas describiendo procesos vitales.[368] El objetivo de este tipo de propuestas es ofrecer una perspectiva personal sobre la realidad, sin interactuar con los científicos, ni realizar intercambios en cuanto a las metodologías y sin pretender contribuir a la divulgación de la ciencia. Visto desde el punto de vista científico, este tipo de interacción arte-ciencia se manifiesta cuando un artista produce material y documentación relacionada con el ámbito de la ciencia para contribuir a su difusión. Con la creación de las ilustraciones científicas y/o modelos anatómicos el artista contribuye a cubrir las necesidades comunicativas propias del ámbito científico. El objetivo de estas obras es la de visualizar y divulgar el trabajo de la ciencia o ayudar a sus procesos de enseñanza-aprendizaje. Este tipo de obras no busca explorar y/o solucionar problemas artísticos. Aunque existe un contacto profesional entre artistas y científicos, ambos expertos dan prioridad al desarrollo de su propio ámbito, sin intercambiar metodologías, técnicas, ni conocimientos.

- Mutualismo. Se refiere a la relación dónde dos organismos distintos se benefician de manera igual y crean una relación simbiótica cercana. Se puede describir como una interacción multilateral, o "perteneciente o relativo a varios lados, partes o aspectos."[369] En cuanto a las relaciones arte-ciencia, este tipo de interrelaciones se encuentra en el dominio de experiencias colaborativas entre artistas y científicos y tiene como resultado el beneficio profesional mutuo. El trabajo común resuelve problemas relacionados con

[366] Unilateral (sin fecha). En: *Diccionario de la lengua española. Real Academia Española*. Recuperado de: https://dle.rae.es/unilateral. (Consultado el 13.12.2019)

[367] Crowther, P., Wünsche, I. (2012). *Meanings of Abstract Art. Between Nature and Theory*. New York, USA: Routledge, Taylor & Francis Group. Pág. 19. "The scientific revelation that there are forms beyond the threshold of normal vision provided artists such as Max Ernst, František Kupka, Fernand Léger, Wassily Kandinsky, and others with points of reference from which they could relate their non-figurative imagery to the physical world."

[368] Flannery, M. C. (1998). Images of the Cell in Twenieth-Century Art and Science. *Leonardo, Vol. 31*, No.3, pp. 195-204. Pág. 200. "For surrealists, cells were the antithesis of the linear, angular, geometric world that represented mechanism and technology... What could be more representative of the life than cell itself?"

[369] Multilateral (sin fecha). En: *Diccionario de la lengua española. Real Academia Española*. Recuperado de: https://dle.rae.es/multilateral?m=form. (Consultado el 13.12.2019)

un campo de estudio común. Los profesionales se incorporan a áreas de trabajo diferentes de las propias, intercambiando ideas y percepciones de la realidad y de los problemas, conocimientos y metodologías. El beneficio del formato multilateral se analizará a partir de 4 conceptos:

1. Percepción distinta de los artistas y los científicos en problematizar la realidad. Es uno de los elementos cruciales que determinan las relaciones de mutualismo entre ambos. El intercambio de visiones, enfoques, pensamientos y formas de comprender el mundo que se da entre los colaboradores de distintos campos de estudio suele tener un impacto positivo en el desarrollo del trabajo en común. Es el caso de las residencias artísticas que se desarrollan en laboratorios científicos. En estos casos, los artistas a menudo realizan preguntas y observaciones sobre el trabajo que ven ejecutar a los científicos, generando así nuevas maneras de observar los problemas que se están investigando. De forma similar, en sentido contrario, los científicos ofrecen formas de trabajar teórico-técnicas que amplían la posibilidad resolutiva del artista en cuanto al uso de herramientas, técnicas y/o metodologías específicas.

   El artista y director del *Coalesce BioArt Lab* de la *University at Buffalo* (EE.UU), Paul Vanouse, describe la brecha que existe entre el arte y la ciencia como una anomalía y propone que las percepciones de ambas son necesarias para tener una visión profunda de la realidad.[370] El artista Joe Davis, residente en el Laboratorio *George Church* del Departamento de Genética de la Harvard University (EE.UU), indica que un artista puede contribuir a abrir nuevos puntos de vista sobre un tema de investigación científica ofreciendo una perspectiva personal y planteando preguntas novedosas sobre el tema tratado. De esta forma, los científicos pueden comprender el problema investigado de un modo distinto.[371] Basado en su propia experiencia colaborativa con científicos, Davis observa que las similitudes entre artistas y científicos se basan en la curiosidad y en la necesidad de adquirir conocimientos con el fin de describir y/o comprender mejor el mundo físico.[372] El director del laboratorio y profesor de genética de la *Harvard University*, Dr. George Church,

[370] Racoosin, E. (el 25 de abril, 2016). *Paul Vanouse, Director of CoalesceCenter for Biological Art*. WRFI Community Radio. Recuperado de: https://player.fm/series/wrfi-community-radio-news/paul-vanouse-director-of-coalesce-center-for-biological-art-april-25th-2016. (Consultado el 03.12.2017). "… we have a lot of the same interest as the scientists but we can learn things, we can uncover things in the way that is very different."

[371] NOVA PBS Official (el 10 de septiembre, 2015). Scientist? Artist. Pirate! Who Is Joe Davis? Recuperado de: https://www.youtube.com/watch?v=7GkZt00Qjcs. (Consultado el 23.05.2018). "Creativity is the ability to put things together in new ways...Art helps science understand itself."

[372] Caputo, J. (2016). Creating art with genes and bacteria. Bioartists use scientific methods and technology to explore living systems. *Elsevier.* Recuperado de: https://www.elsevier.com/connect/creating-art-with-genes-and-bacteria. (Consultado el 22.01.2019). "They might try to hide it, but a lot of scientists have poetic souls. … Art, like science, has to describe the whole world, and you can't describe something you're basically clueless about. The most exciting part of these activities is satiating overwhelming curiosity about everything around you."

comenta que la presencia de Davis dentro de su equipo ayudó a abrir la mente de los científicos hacia un pensamiento nuevo, desarrollando su flexibilidad y agilidad mental y dándoles la oportunidad de pensar de manera innovadora y original.[373] Uno de los científicos del Laboratorio *George Church*, el ingeniero químico Dr. Ali K. Yetisen, destaca la importancia que el género *BioArt* tiene en el ámbito de la ingeniería genética por lo que respecta al contexto social y científico, pero advierte de la necesidad de producir un pensamiento crítico y ético con estas propuestas en relación al público en general.[374] La artista Richelle Gribble colaboró con la neurocientífica Dana Simmons durante la residencia virtual colaborativa *The Bridge* en 2015, que realizó la organización *SciArt Initiative* de Nueva York (EE.UU). Gribble describe el papel que el artista juega como intérprete del mundo que le rodea, revelando sus misterios de forma propia y despertando curiosidad sobre su construcción y funcionamiento.[375] La colaboración con Gribble permitió a Simmons poder entender la conexión entre la neurociencia y el arte desde un punto de vista estético, y ampliar la percepción de sus proyectos a un marco más complejo e inclusivo. Stephen J. Tonsor, biólogo y director del Laboratorio Tonsor de Genética Evolutiva de Plantas de la *University of Pittsburgh* (EE.UU), colaboró con la artista Natalie Settles durante su residencia en el laboratorio. Durante la conferencia *DC Art Science Evening Rendezvous* (DASER), celebrada en la *National Academy of Sciences* de Washington DC, en 2011, Tonsor describió su experiencia colaborativa con Settles y la forma en la que su presencia en el laboratorio influyó en el desarrollo de la investigación científica. La artista exploró y expresó sus observaciones sobre el tema de investigación sin recurrir al empleo de un método propiamente científico, complementando así su trabajo científico y proponiendo nuevos enfoques.[376] La

[373] Caputo, J. (2016). Creating art with genes and bacteria. Bioartists use scientific methods and technology to explore living systems. *Elsevier*. Recuperado de: https://www.elsevier.com/connect/creating-art-with-genes-and-bacteria. (Consultado el 22.01.2019). "In the past, there have been artists affiliated with departments in a very utilitarian way to produce figures or illustrations. ... Having someone like Joe stimulates our lab to come together in new ways and if we had more bioartists, I think thinking out of the box would be a more common thing."

[374] Caputo, J. (2016). Creating art with genes and bacteria. Bioartists use scientific methods and technology to explore living systems. *Elsevier*. Recuperado de: https://www.elsevier.com/connect/creating-art-with-genes-and-bacteria. (Consultado el 22.01.2019). "Bioartists will surely take up new roles in science laboratories, but this will be subject to ethical criticism and controversy as a matter of course."

[375] Snodgrass, E. (sin fecha). *Richelle Gribble*. *Interview with Emma Snodgrass, Intern*. SciArt Center. Recuperado de: https://www.sciartcenter.org/richelle-gribble.html. (Consultado el 05.12.2017). "When I incorporate and interpret scientific concepts in my artwork, the science is the story and the creation of the artwork is the personal, emotional interpretation of such inquiries. By merging science and art we blend logic and emotion to dissect, test, and explore the life we've been given."

[376] CPNAS (el 21 de septiembre, 2011). *Stephen Tonsor & Natalie Settles Part 1*. Recuperado de: https://www.youtube.com/watch?time_continue=3&v=qwYNmn1UY4c. (Consultado el 19.04.2018). "We recognize that in the structure of science the very things that make it powerful are also its constraints, and that the structure of practices in art can complement the structure of the practices in science and, we hope, by clashing them we can find new approaches… I often get asked what an artist-in-residence does in my lab. And my

artista y directora del *SVA BioArt Lab* de Nueva York, Suzanne Anker, destaca el azar como elemento asociado al ámbito del arte, distinguible del propio de la ciencia, y útil como instrumento de descubrimiento. En la presentación que realizó durante la conferencia *Survival of the Beautiful*[377] (2012), organizada por el N*ew York Insitute for Humanities* y el *New Jersey Insitute for Technology*, Anker describió el trabajo que realizan los artistas que se sirven de herramientas científicas como un juego de exploración que permite desarrollar metodologías alternativas. En estos proyectos el artista adquiere experiencia y conocimiento, cambiando sus propuestas subjetivas y, a su vez, aportando a la ciencia sus propias metodologías y perspectivas. La científica y artista Johanna Kieniewicz señala que el enfoque artístico se caracteriza por la serendipia, un descubrimiento azaroso que puede resultar de utilidad en el transcurso del desarrollo de ciertas investigaciones científicas. Aunque la aparición de este elemento es imprevisible cuando un artista se encuentra colaborando con un científico, la autora señala el valor intrínseco que tiene esta interacción mutua. El trabajo conjunto con los artistas permite a los científicos acercarse a su propia materia de estudio de otra forma, replanteando así sus modos de pensarla.[378] Los artistas hacen preguntas comprometidas que en ocasiones pueden cambiar el curso de una investigación científica.[379]

2. Pensamiento crítico y reflexión sobre los temas tratados en la investigación. El artista Guy Ben-Ary crea proyectos relacionados con la biotecnología, la cibernética y la robótica y colabora con profesionales de distintos ámbitos para realizar su producción. En el artículo *CellF: a neuron-driven music synthesiser for real-time performance* (2016), escrito junto a D. Moore, A. Fitch, N. Thompson, D. Bakkum, S. Hodgetts y A. Morris, Ben-Ary explica que la función principal del arte en este tipo de proyectos colaborativos es tratar, desde el punto de vista del arte, la evolución de la biotecnología y presentar modos de vivir que desafían la forma como se comprende

response is that an artist-in-residence explorers and expresses dimensions of knowledge that are related to our scientific areas of inquiry, but are not as readily addressed by the formal scientific method."

377 SVA BFA Fine Arts (el 4 de mayo, 2012). *SVA Bio Art Lab - Suzanne Anker*. Recuperado de: https://vimeo.com/41579535. (Consultado el 22.05.2018).

378 Kieniewicz, J. (el 19 de junio, 2013). *Why Art and Science?* At the Interface. Plos Blogs. Diverse Perspectives on Science and Medicine. Recuperado de: http://blogs.plos.org/attheinterface/2013/06/19/why-art-and-science/ (Consultado el 18.05.2018). "While there is no guarantee that the collaboration between an artist and scientist will lead to that 'Eureka!' moment, at least some scientists hope this sort of engagement may help them to approach their science in a slightly different way. Although the pay-offs may be less immediate than the production of an individual piece of art, they are potentially more enduring."

379 Mulrooney Eldred, S. (2016). Art–science collaborations: Change of perspective. *Nature*, *Vol. 537*, September 2016, pp. 125–126. Publicado en línea el 31 de agosto 2016. Recuperado de: https://www.nature.com/naturejobs/2016/160901/pdf/nj7618-125a.pdf. (Consultado el 17.04.2018). Pág. 126. "The artist will come in from a bit of a tangent, probing areas where scientists wouldn't think to probe... They are really good at asking 'what if ' questions..."

la vida. El arte invita el público a pensar cómo la biotecnología influye en la humanidad y viceversa.[380] El artista y director del laboratorio de investigación artística *SymbioticA*, Oron Catts, describe la función del artista en tanto provocador y activista. Catts desarrolla su trabajo artístico en el campo del *BioArt* y la bioingeniería. En una entrevista para la revista *CLOT*, comenta que sus obras proponen una interactividad que requiere de la respuesta y de la reacción del público que contempla la propuesta.[381] Según Catts, todos los profesionales creativos, arquitectos, diseñadores, artistas, etc., tienen una responsabilidad social para despertar la curiosidad y la necesidad de cuestionar todo lo que se considera esencial para la comprensión del mundo y para la identidad de cada uno de nosotros.

3. Modelos de enseñanza-aprendizaje y de divulgación de información. Las obras de arte producidas en relación con la ciencia pueden servir como difusoras y divulgadoras de la información científica y/o ser material útil en un contexto académico donde se genera un modelo de enseñanza-aprendizaje. La neurocientífica y profesora de la *University of Zurich* (Suiza), Esther Stoeckli, colaboró con la artista Jill Scott en la realización de su proyecto *Neuromedia* (2003-presente), dedicado a la percepción sensorial entre el arte y la anatomía y la cognición neurobiológica, durante la residencia artística que realizó en el Instituto de Ciencias Moleculares de la Vida. En el vídeo *SOMABOOK - art and neural development* (2013), Stoeckli destaca la importancia que tiene el arte en la divulgación al público general de la información y del conocimiento del trabajo científico desarrollado dentro de sus laboratorios.[382] La artista Anna Dumitriu desarrolla su práctica artística en el ámbito del *BioArt* trabajando con cultivos bacterianos. Colabora con científicos para desarrollar la creación de sus proyectos relacionados con la investigación sobre bacterias. Dumitriu organiza y desarrolla talleres dirigidos al público general para visibilizar la

[380] Moore, D., Ben-Ary, G., Fitch, A., Thompson, N., Bakkum, D., Hodgetts, S. and Morris, A. (2016). CellF: a neuron-driven music synthesiser for real-time performance. *International Journal of Performance Arts and Digital Media, 12:1*, pp. 31-43, doi: 10.1080/14794713.2016.1161954. Pág. 41. "Art has the potential to initiate public debate on the challenges arising from the existence of these liminal lives, by problematising the influence of current and emergent biotechnologies on the shifting forces that govern and determine life, death and sentience."

[381] Rosell, M. (el 28 de julio, 2016). ORON CATTS, confronting and re-evaluating what life is. *CLOT Magazine*. Recuperado de: http://www.clotmag.com/oron-catts. (Consultado el 25.05.2018). "Whenever I say or make something I'm not expecting people to agree with me, I'm expecting people to contest it. This is how knowledge works better, we are living in time where the engineering mindset of is dominating the way in which we are being forced to engage with the world, I see my role as someone who is constantly questioning that."

[382] Scott, J. (el 11 de marzo 2013). *SOMABOOK - Art and Neural Development*. Recuperado de: https://vimeo.com/61559326. (Consultado el 20.09.2017). "Somabook for me is a great way of telling people about our work. What is it that we do in the lab? What is the type of information that we can find in basic research? It´s much more difficult to raise the interest of the general public for basic research because we don´t find the cure for Alzheimer... For us it is always very difficult to relate our ideas and our projects to the general public. And this piece of art is really the bridge."

problemática en torno a este tema. En la presentación *Why Scientists Need an Artist on the Team,*[383] durante la conferencia TEDx celebrada en la *University of Sussex* (Reino Unido) en 2013, Dumitriu describe el papel del artista como un hilo conductor entre los científicos y el público, sugiriendo que éste puede participar en una investigación científica a través de arte. La artista y directora de la organización *SciArt Center* en Nueva York (EE.UU), Julia Buitanine, desarrolla su trabajo artístico en relación con el ámbito de la neurociencia. En la entrevista para la página web *The Beautiful Brain,*[384] dedicada a la neurociencia, describe el papel del arte como un medio para poder compartir los descubrimientos científicos y aclarar conceptos complejos de la ciencia. Indica que el arte propone nuevas maneras de expresión y visualización de los conocimientos científicos.

4. Desarrollo personal/profesional. La colaboración científico-artística ofrece la posibilidad de promover el desarrollo y el potencial personal en base a la unión de conocimientos, enfoques y técnicas presentes en el transcurso del trabajo común desarrollado entre artistas y científicos.

   El profesor emérito Richard Loveless es el fundador del Instituto de Estudios en las Artes, un grupo de investigación artística de la Facultad de Bellas Artes de la *Arizona State University* (EE.UU). Loveless organizaba proyectos desde una amplia variedad de formatos que favorecían la innovación colaborativa con expertos en arquitectura, ingeniería y en todas las ramas de la ciencia. En la entrevista para la revista en línea *Nautilus*, Loveless describe su experiencia en la organización y la participación en distintas colaboraciones científico-artísticas. Relaciona esta experiencia con un sentimiento de enriquecimiento personal que le hizo abrirse como persona y entender el significado de ser artista de una forma diferente.[385] La científica y artista Johanna Kieniewicz observa que el desarrollo de las habilidades de comunicación es uno de los beneficios que surge de la colaboración entre científicos y artistas. El contacto con personas ajenas al ámbito de la ciencia ayuda a mejorar las explicaciones sobre la investigación al público no científico.[386] La artista Marta

[383] TEDx Talks (el 24 de junio, 2013). *Why Scientists Need an Artist on the Team: Anna Dumitriu at TEDxSussexUniversity*. Recuperado de: https://www.youtube.com/watch?v=TnEy6OvytOw. (Consultado el 09.05.2018).

[384] Hutton, N. (el 7 de octubre 2013). Interview: Julia Buntaine. *The Beautiful brain*. Recuperado de: http://thebeautifulbrain.com/2013/07/interview-julia-buntaine/. (Consultado el 21.05.2018).

[385] Nalls, G. (el 3 de marzo, 2016). The Man Who Changed How Artists and Scientists Work Together. *Nautilus*. Recuperado de: http://nautil.us/blog/the-man-who-changed-how-artists-and-scientists-work-together. (Consultado el 23.02.2018). "I would just say that I've become a more open person; that I've been able to cast aside some of the stereotypical ideas I had about being an artist, and I certainly changed what I thought the quality of outcomes should be when you participate as an artist in a collaborative model."

[386] Kieniewicz, J. (el 19 de junio, 2013). *Why Art and Science?* At the Interface. Plos Blogs. Diverse Perspectives on Science and Medicine. Recuperado de: http://blogs.plos.org/attheinterface/2013/06/19/why-art-and-science/

Fleming habla de la satisfacción de complementar el propio punto de vista en varios campos del conocimiento con el desarrollo de proyectos colaborativos. Esta satisfacción, que va más allá del mero hecho de adquirir conocimiento y de aprender nuevas metodologías, radica en la obtención de habilidades y prácticas propias de otros profesionales.[387]

(Consultado el 18.05.2018) "The most obvious benefit to a scientist may well be be better communication skills resulting from prolonged engagement with a non-specialist."

387 ExhibitionDJCAD (el 28 de noviembre, 2011). *Martha Fleming, Shared Imagination: Art and Science Collaborations in Dundee*. Recuperado de: https://www.youtube.com/watch?v=xFdqa-afSvg. (Consultado el 31.01.2019). "Collaboration and sharing of skills and knowledge and practice is among the most exalted forms of human communication. It is a gift that we offer to each other, and then in turn we can offer the fruits to humankind."

9.2. Modelos de interdependencia procesal. Estudio de casos

Las colaboraciones entre artistas y científicos toman cada vez más impulso. Hasta hoy en día se han desarrollado distintos programas de promoción de la interacción arte-ciencia en formato de exposiciones, residencias artísticas, encuentros, programas educativos, talleres, etc. El análisis de los factores y acciones necesarias para la realización de una colaboración eficaz está enfocado a las estrategias organizativas de los colaboradores, a las características personales de los participantes y a los factores externos que pueden influir en este proceso (figura 274).

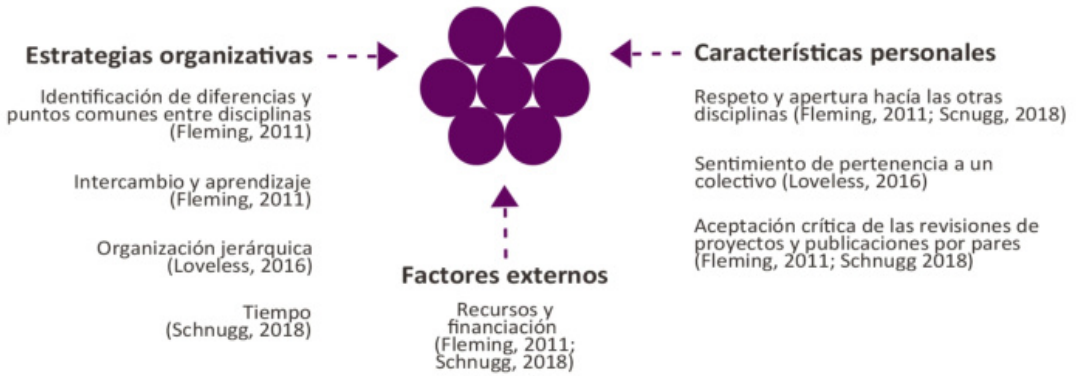


Figura 274. Tipología de elementos constructores de modelos de interdependencia procesal según Fleming (2011), Loveless (2016) y Schnugg (2018). Características y factores que influyen al desarrollo de la colaboración vistos a través de las estrategias organizativas, las características personales de los colaboradores y los factores externos. Fuente: Producción propia.

Durante la presentación *Navigating Interdisciplinarity: Sci-Art Beyond the Shotgun Wedding and the One-Hit Wonder* (2011), celebrada durante el simposio *Shared Imagination: Art and Science Collaborations in Dundee,*[388] organizado por la *University of Dundee* (Reino Unido), la artista Martha Fleming diserta sobre la colaboración que se produce entre los profesionales de áreas diferentes. Los participantes no solo tienen que intercambiar sus conocimientos, sino también sus métodos de trabajo, descartando así cualquiera división intelectual y con el fin de crear un conocimiento y una metodología nuevos. Según Fleming, entre las necesidades de una colaboración exitosa se encuentra la necesidad se señalar los aspectos complementarios que existen entre disciplnas, establecer los objetivos comunes, comprender la metodología de los otros profesionales, identificar los temas conflictivos, desarrollar la empatía, respectarse mutuamente, estar abierto y pensar de forma crítica.

El profesor emérito de la *Arizona State University* (EE.UU), Richard Loveless, describe los factores que hacen posible la colaboración entre expertos de distintas áreas y las

[388] ExhibitionDJCAD (el 28 de noviembre, 2011). *Martha Fleming, Shared Imagination: Art and Science Collaborations in Dundee*. Recuperado de: https://www.youtube.com/watch?v=xFdqa-afSvg. (Consultado el 31.01.2019).

características y la organización que debe tener el grupo colaborativo en la entrevista realizada por el artista Gayil Nalls para la revista en línea, *Nautilus*. Loveless destaca dos elementos necesarios para realizar una colaboración fructífera. El primero es la dimensión afectiva que desarrolla el colectivo a través del sentimiento de pertenencia al grupo de participantes en el proyecto colaborativo.[389] El segundo es la presencia de la figura de un líder en el grupo – un individuo que propone preguntas clave, necesarias para poner el proyecto en marcha.

En la presentación *How Art and Science Collaborate, Intervene and Innovate* (2018), durante el evento *TEDex Talks*[390] celebrado en 2018 en Linz (Austria), la investigadora y comisaria Claudia Schnugg destaca cuatro factores cruciales y comunes para desarrollar colaboraciones artístico-científicas. Éstos incluyen tener suficiente tiempo para entender y aprender sobre aspectos importantes de un ámbito de conocimiento desconocido; tener valentía y estar abierto hacía lo nuevo; sumergirse al otro ámbito de conocimiento sin prejuicios y sin pensar en potenciales consecuencias; y tener un plan de financiación.

El análisis de las experiencias colaborativas de este capítulo reúne el estudio de diez proyectos que son resultado de la interacción de artistas y profesionales de distintas áreas de conocimiento. Se estudian las estrategias y los protocolos de la colaboración analizados, utilizando un modelo colaborativo basado en tres etapas de su desarrollo (figura 275).



Figura 275. Propuesta metodológica para análisis de proyectos colaborativos arte-ciencia. Etapa introductoria, etapa de desarrollo y etapa conclusiva. Propuesta aplicada al análisis de 10 casos de colaboraciones arte-ciencia en el apartado 9.2.1 de este capítulo: Natalie Settles-Stephen Tonsor; Matthew Shlian- Max Shtein; Robert Kesseler- Melina Schuh; Wolfgang Buttress- Martin Bencsik; Jill Scott- Esther Stoeckli; Richelle Gribble –Dana Simmons; Marc Quinn- Sir John Sulston; Eduardo Kac- Louis-Marie Houdebine y Patrick Prunet; Eduardo Kac- Neil Olszewski; y Anna Dumitriu- Melissa Grant y Rachel Sammons**.** Fuente: Producción propia.

[389] Nalls, G. (el 3 de marzo, 2016). *The Man Who Changed How Artists and Scientists Work Together*. Nautilus. Recuperado de: http://nautil.us/blog/the-man-who-changed-how-artists-and-scientists-work-together. (Consultado el 23.02.2018). "The collective wisdom of the group emerges through the idea of collaboration, and the outcome changes everybody."

[390] TEDx Talks (el 30 de marzo, 2018). *How art and science collaborate, intervene and innovate | Claudia Schnugg | TEDxLinz*. Recuperado de: https://www.youtube.com/watch?v=7FKhqMDd9xA. (Consultado el 20.06.2019)

1. **Etapa introductoria**. Implica un protocolo de establecimiento de relaciones entre los colaboradores que se disponen a realizar el proyecto y definir cómo se realiza el primer contacto entre ellos y cual es el interés común que les impulsa aceptarlo. El análisis de las experiencias colaborativas se basa en tres criterios (figura 276):

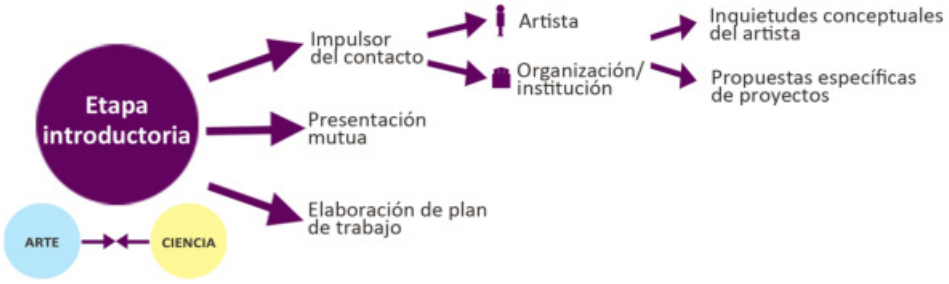


Figura 276. Etapa introductoria. Protocolos y modelos de interdependencia profesional. Se realiza el análisis teniendo en cuenta tres criterios: responsable que impulsa la relación (artista o organización) y la estimulación (inquietudes conceptuales del artista/propuestas específicas de proyectos); presentación mutua de los colaboradores; y elaboración de un plan de trabajo. Fuente: Producción propia.

- *Establecimiento del contacto entre los colaboradores*. El contacto entre los futuros colaboradores puede ser impulsado por uno de ellos, o estar facilitado por una organización a través de un programa de residencias artísticas, o derivarse de un encargo dirigido a desarrollar un proyecto artístico.

  En el caso dónde el primer contacto ha sido iniciado por uno de los colaboradores, el papel del iniciador lo desempeñan a menudo los artistas. Una parte de ellos propone realizar la colaboración basándose en las similitudes y conexiones entre su investigación artística y la investigación desarrollada por los científicos. Las inquietudes creativas identificadas por parte del artista le llevan a localizar los problemas implicados en su propuesta artística y a iniciar contactos con especialistas de otras disciplinas que cree que pueden estar interesados en establecer un trabajo colaborativo que promueva aportaciones mutuas y con el objeto de generar resultados innovadores. Buscan especialistas que les ayuden a complementar su propuesta desde otro punto de vista. Y la otra parte de artistas quiere desarrollar un proyecto concreto que requiere resolver necesidades técnicas y conceptuales que podían ser realizadas por colaboradores de otras disciplinas. En este caso, el artista es el creador conceptual del proyecto y propone tanto la idea como el proceso de su creación. Los colaboradores de otras disciplinas contribuyen con sus conocimientos técnicos al desarrollo del proyecto.

  En los casos en los que el primer contacto ha sido facilitado por una organización, éste surge bien de un programa de residencias artísticas que tiene como objetivo

fomentar la interacción arte-ciencia, bien de la invitación por parte de una institución que propone un determinado tema, o promueve el encargo de una obra de arte. Los artistas-científicos que se inscriben en estos programas lo hacen a través de una convocatoria abierta. Junto con la solicitud envían un documento con su línea de trabajo y sus intereses sobre los temas especificados. No siempre disponen de un plan definido a desarrollar, ni han establecido un contacto previo con un posible colaborador. El objetivo de estos programas es facilitar el contacto, el espacio de trabajo, los recursos necesarios para poder desarrollar el proyecto, y las conexiones con profesionales de otras disciplinas interesados en el mismo tema. Otros programas e instituciones invitan a los artistas a que respondan de forma personal a un tema específico, propuesto por los organizadores. En algunos casos, los colaboradores son elegidos por el artista.

- *Presentación mutua de los colaboradores*. Incluye una introducción básica sobre el trabajo realizado por cada uno de ellos y sobre los conocimientos, metodologías y habilidades que puede aportar cada uno al desarrollo de un proyecto específico. En este acercamiento entre ambas partes se exponen las experiencias preliminares de los equipos, los procesos empleados para obtener resultados, las metodologías elegidas para el desarrollo de sus investigaciones, los requerimientos especiales e instrumentos necesarios, los costes implicados y los tiempos necesarios para realizar determinados procesos. El diálogo abierto entre los participantes favorece el desarrollo de una compresión común y más amplia de los temas tratados y ayuda a encontrar soluciones y a definir cómo se pueden poner en práctica. Esta metodología abierta y compleja permite que cada proyecto y cada equipo implicado pueda definir las reglas que mejor se ajustan a sus necesidades e incorporar nuevas prácticas que considere necesarias para fomentar un aprendizaje mutuo durante un intercambio fructífero de transferencia de conocimientos. La práctica del diálogo abierto como modelo de intervención favorece el diseño de aquellas prácticas que profundizan en la compresión del problema y en la clarificación de las ideas y de los temas de investigación elegidos por los participantes implicados. Aunque puede darse una confusión inicial relacionada con la procedencia mixta de los diferentes expertos que participan en la colaboración, la conversación en un entorno cotidiano y el contacto profesional diario entre artistas y científicos conduce a una mejor compresión y clarificación de las ideas y temas de investigación de los otros participantes. La presentación, por ambas partes de trabajos previos conduce a facilitar la identificación de intereses y motivaciones comunes que sirvan para sustentar el desarrollo de la colaboración. A nivel personal, este proceso requiere que los participantes sean abiertos y estén dispuestos a aprender nuevas disciplinas

con el mismo respeto, admiración y compromiso que lo hacen con la suya. La presentación del trabajo y de los intereses del artista a los científicos y las visitas a sus laboratorios supone mostrar interés por las prácticas desarrolladas por los futuros colaboradores, lo que permite una reflexión teórica posterior y perfilar una perspectiva de trabajo adecuado. En esta etapa se construyen los equipos implicados y se valora su experiencia y su capacidad de compartir un proceso no exento de incertidumbre que llevará a cabo un proceso caracterizado particularmente por un lenguaje poético, resultado de la colaboración transdisciplinar entre artistas y científicos.

- *Desarrollo de un plan de trabajo colaborativo*. Después de haberse conocido los colaboradores entre sí y el trabajo respectivo de cada uno de ellos, se establecen los compromisos que cada una de las partes está dispuesta a adoptar para el desarrollo del proyecto. El objetivo de esta etapa es intercambiar ideas y analizar las posibilidades de interacción mutua en el proceso. Los expertos de ambos equipos establecen el número de reuniones que consideran necesarias para establecer unas buenas prácticas de intercambio de metodologías y procedimientos para el desarrollo del proyecto.

2. Etapa de desarrollo. Incluye las estrategias de comunicación e interacción establecidas entre los colaboradores. Su presentación inicial se consolida cuando se produce el intercambio de conocimientos, metodologías, técnicas e ideas. Se buscan los puntos comunes complementarios y aquellos otros nuevos que se pretenden integrar en el proyecto, a fin de desarrollar un tema de interés compartido, con el que se pueda participar con enfoques, percepciones y metodologías alternativas. En algunos casos, esta etapa cuenta con programas de formación técnica, procedimental y teórica, especialmente cuando se trata de artistas que trabajan en laboratorios y usan materiales y tecnologías específicos que requieren un conocimiento previo para su aplicación. Se observan tres criterios que componen el proceso colaborativo (figura 277):



Figura 277. Etapa de desarrollo. Protocolos y modelos de interdependencia profesional. Se realiza el análisis teniendo en cuenta el lugar dónde se desarrolla el trabajo colaborativo, el plan de horarios y la formación técnica de los colaboradores. Fuente: Producción propia.

- *Lugar dónde se desarrolla el trabajo*. Algunos proyectos se desarrollan en instalaciones científicas y requieren que el artista desarrolle un aprendizaje técnico y onceptual (sobre el tema específico que se investiga en el laboratorio, la metodología y los procedimientos tecnológicos aplicados en el tratamiento de los materiales y el uso de la tecnología y las herramientas disponibles). Otros proyectos se desarrollan en los estudios artísticos e incluyen visitas del artista a los laboratorios a fin de profundizar en el tema tratado por los científicos.
- *Plan de horarios*. Se establece con el fin de facilitar la comunicación continua entre los colaboradores y fomentar el aprendizaje sobre los otros campos de trabajo. El aprendizaje sobre una disciplina nueva requiere un tiempo durante el cual sea posible aprender y asimilar los procedimientos aplicados en el uso de materiales y herramientas de laboratorio, así como integrarse en la rutina de trabajo de los científicos.
- *Formación técnica de los colaboradores*. Supone la preparación del artista para el uso de las herramientas y procedimientos específicos del ámbito científico, necesarios para la realización del trabajo. La formación y asistencia científica técnica son importantes en la realización de proyectos que utilicen los materiales vivos y/o procesos científicos asociados a procedimientos y técnicas específicas, muchas veces importantes para la seguridad. El resto de los proyectos necesita del aspecto teórico de la investigación científica y del conocimiento sobre el tema tratado para desarrollar la idea de la obra, pero para su producción recurre a otro tipo de materiales y, quizás, a la asistencia de tecnólogos, ingenieros, arquitectos, etc.

3. Etapa conclusiva. Implica el final del proceso colaborativo, el desarrollo físico de la obra o el proyecto. Recoge información sobre cómo ha sido el proceso de colaboración, poniendo énfasis en el conocimiento adquirido por los colaboradores y en las conclusiones a las que se ha llegado durante el trabajo, derivadas de las estrategias de intercambio empleadas, así como de las posibles mejoras que se pudieran aplicar para producir nuevas experiencias de colaboración. La etapa conclusiva se estudiará en base a tres criterios (figura 278):

- *Relación entre colaboradores*. Implica a la posición de cada uno de ellos con respecto al grupo que lleva a cabo el proyecto. La relación puede ser jerárquica, que supone la presencia de un líder en el grupo, o de igualdad, que supone una posición igualitaria de todos los participantes en el trabajo colaborativo. En el libro *Creating ArtScience Collaboration. Bringing Value to Organizations* (2019), la investigadora y comisaria Claudia Schnugg describe las colaboraciones artístico-científicas como un espacio liminal, el concepto antropológico que describe el estado de transición de un

estado a otro a nivel individual o a nivel de una sociedad completa. Este espacio fomenta el desarrollo personal, la exploración y la experimentación independientemente de la jerarquía, las reglas que se establezcan o la evaluación por pares.[391]



Figura 278. Etapa conclusiva. Protocolos y modelos de interdependencia profesional. Se realiza el análisis teniendo en cuenta el tipo de relación entre colaboradores, las ventajas y beneficios que produce el proceso colaborativo y las dificultades presentes en el desarrollo del trabajo colaborativo. Fuente: Producción propia.

- *Expectativas y ventajas del proceso colaborativo*. Ofrece a todos los colaboradores los beneficios que surgen del intercambio de conocimientos, ideas y metodologías entre los profesionales de distintas disciplinas. La ventaja más destacada es la posibilidad de tener nuevos puntos de vista de los problemas y un cambio de percepción del tema investigado.
- *Dificultades presentes en el proceso colaborativo*. El proceso colaborativo artístico-científico es complejo. Los individuos entran a un ámbito desconocido que requiere que los participantes sean abiertos y tolerantes hacía los colaboradores y sus respectivas formas de pensar y trabajar. Las potenciales dificultades suelen aparecer al inicio de la colaboración, cuando se establece el contacto entre los profesionales y aún no existe ni el conocimiento suficiente sobre el otro área de trabajo con la que se va a colaborar, ni la confianza suficiente entre los participantes.

9.2.1. Natalie Settles- Stephen Tonsor. *The Evolving Wallpaper* (2011-2014)

La proyección digital interactiva a gran escala de la artista estadounidense Natalie Settles se desarrolló en colaboración con el biólogo evolutivo Stephen Tonsor y el equipo de quince científicos del *Tonsor Laboratory* (figura 279) de la *University of Pittsburgh* (EE.UU).

[391] Schnugg, C. (2019). *Creating ArtScience Collaboration. Bringing Value to Organizations*. Cham, Switzerland: Palgrave Macmillan, 2019. https://doi.org/10.1007/978-3-030-04549-4. Pág. 55. "In anthropology these states have first been named as "liminal," spaces on a threshold and in-between (Van Gennep 1909; Turner 1966). Such space is not always constructed and signified by physical room, but by social practice. Liminal spaces are rather cognitive and experiential phases to break out from the "normal" spaces of routine life."



Figura 279. Natalie Settles- Stephen Tonsor. *The Evolving Wallpaper* (2011-2014). Sala principal del *Tonsor Laboratory* del Departamento de Ciencias Biológicas de *University of Pittsburgh* (EE.UU). Fuente: www.nataliesettles.com

Etapa introductoria:

La colaboración con Tonsor y el grupo de científicos de su laboratorio la inició Settles. La artista encontró un punto común entre su propio trabajo y los proyectos científicos desarrollados en el laboratorio de Tonsor. Los científicos investigaban los cambios de las poblaciones de plantas debidos a las particularidades climáticas a lo largo del tiempo, en concreto de la especie *Arabidopsis thaliana*. El trabajo artístico de Settles trataba el concepto de las variaciones de formas basadas en el cambio de lugar. Decidió contactar con Tonsor y proponerle la colaboración basada en estos temas.[392] Atraído por las habilidades analíticas de la artista y por su obra, Tonsor aceptó su propuesta y la admitió como artista en residencia en el laboratorio durante un año.[393]

Etapa del desarrollo:

El comienzo de la residencia artística en el *Tonsor Laboratory* supuso el desarrollo de una fase de investigación donde Settles visitaba diariamente el laboratorio, a lo largo de todo un año, aprendiendo sobre el trabajo del equipo de científicos. Siguió su investigación, asistió a las reuniones semanales del laboratorio y a las conferencias científicas del Departamento de Ciencias Biológicas integrándose en la rutina diaria del grupo.[394] Aparte de introducirse en

[392] Kenagy Mitchell, M. (2015). Web Exclusive: A Conversation with Natalie Settles. *Image,* issue 85. Recuperado de: https://imagejournal.org/article/web-exclusive-a-conversation-with-natalie-settles/. (Consultado el 18.05.2020). "I'd noticed a lab whose work seemed to be driven by some of the broader questions that motivated my own studio practice—life in the margins, forms shaped by place, the ideal and the compromised, things that are compelling and powerful and also fleeting. This was Steve's lab."

[393] CPNAS (el 21 de septiembre, 2011). *Stephen Tonsor & Natalie Settles Part 1*. Recuperado de: https://www.youtube.com/watch?time_continue=3&v=qwYNmn1UY4c. (Consultado el 19.04.2018). "Natalie just contacted me out of the blue and said: ´Hey I'm an artist, I'm interested in science. Would you like to have coffee? ´ And I thought, ´I'm a scientist who is somewhat interested in art. Yeah, sure, I'll have a coffee.´ And in that conversation I really appreciated Natalie's intensity and her … pretty remarkable analytic abilities, and her approach to the discussions that we had, and I liked her art. I thought there was enough resonance in the conversation and we should probably continue to talk. And that was really the basis at the beginning."

[394] Settles, N. (sin fecha). *Chapter 11. Life in the Lab. A Pilgrim in Art and Science.* Natalie Settles. Recuperado de: http://www.nataliesettles.com/pilgrim#ch11. (Consultado el 19.05.2020). "Daily life consisted of members conducting work, attending weekly lab meetings, attending twice-weekly departmental talks, and a one-on-one meeting with Steve. I fell in step, beginning to integrate as many of these activities as possible within my own

la vida diaria del proyecto de los científicos y mostrar su trabajo durante la residencia, Settles continuó su producción artística realizando dibujos a gran escala en paredes hechos con grafito en diferentes espacios expositivos de la *Northern Nazarene University* y la *University* de Pittsburg (EE.UU). Los dibujos se inspiraron en motivos victorianos, llenos de formas basadas en plantas y organismos vivos, y obras de artistas de la época, especialmente los motivos estilizados del diseñador escocés Christopher Dresser. Una de las obras realizada por Settles trata de las peculiaridades de la especie *Arabidopsis thaliana*. Es una serie de dibujos sobre pared, *Marginal* (2011), realizada en la *Friesen Galleries* de la *Northern Nazarene University* en Idaho (EE.UU). Los dibujos se inspiran en los patrones victorianos de Dresser e interpretan las formas de la *Arabidopsis thaliana*. Aparecen dibujados en las paredes, en las esquinas y en partes del techo, y desaparecen difuminándose, en ocasiones, agrupados alrededor de objetos presentes en las paredes del espacio: pulsador de alarma contra incendios o enchufes (figura 280).[395]



Figura 280. Natalie Settles- Stephen Tonsor. *The Evolving Wallpaper* (2011-2014). De izquierda derecha: planta *Arabidopsis thaliana* cultivada en el *Tonsor Laboratory*; patrón gráfico diseñado por Christopher Dresser; Natalie Settles, *Marginal*, dibujo sobre pared (2011). Detalle. *Friesen Galleries*, *Northern Nazarene University*, Idaho (EE.UU). Fuente: www.nataliesettles.com

La serie de dibujos a gran escala sobre pared, *Ornament and Architecture* (2011), fue realizado en la galería del *Miller Institue for Contemporary Art* de la *Carnegie Mellon University* de Pittsburg (EE.UU) durante la Bienal de Pittsburgh en 2011. Similar a la serie

practice. Graduate and undergraduate students filtered in and out to their classes throughout the day."

395 Settles, N. (sin fecha). *Marginal.* Natalie Settles. Recuperado de: http://nataliesettles.com/marginal.php. (Consultado el 19.05.2020). "The plant populations around each interstitial object—an outlet for example—are drawn from live specimens, which are adapted to particular wild habitats and manifest particular characteristics. It is a plant that grows on the edges of rocks, in dry, compacted, rocky, and poor soils. It grows where nothing else will. The moment conditions become favorable—it disappears."

Margins, presenta una mezcla de ornamentos victorianos sujetos a la repetición y a la variación de especímenes de las plantas *Arabidopsis thaliana* (figura 281).

Settles compartía su trabajo con los científicos del laboratorio de Tonsor durante las reuniones semanales. De este contacto y del intercambio de opiniones surgió la idea de la creación de la obra *The Evolving Wallpaper,* que respondería a las actividades de los espectadores.[396]



Figura 281. Natalie Settles, *Ornament and Architecture*, dibujo sobre pared realizado en el espacio del *Miller Institute for Contemporary Art* de *Carnegie Mellon University* de Pittsburg durante la Bienal de Pittsburgh (2011). Fuente: www.nataliesettles.com

Etapa conclusiva:

La obra *The Evolving Wallpaper* (figura 282) está inspirada por el concepto de la "escultura social", propuesto por el artista alemán Joseph Beuys. Este concepto sugiere que el arte puede transformar a la sociedad o al medio ambiente, mediante las acciones que hace el artista, poniendo a distintos grupos de observadores en interacción. La residencia de Settles en el laboratorio puso al arte contemporáneo y a la biología evolutiva en interacción. La realización de la obra fue financiada por la Fundación Nacional de la Ciencia, la Fundación de Pittsburgh y por la organización *The Heinz Endowments* de Pittsburg (EE.UU).

[396] Settles, N. (sin fecha). *Chapter 12. Wall Drawings. A Pilgrim in Art and Science.* Natalie Settles. Recuperado de: http://www.nataliesettles.com/pilgrim#ch12 (Consultado el 19.05.2020). "While making *Ornament and Architecture* and other wall drawings, I received my first nudge toward the nature of the project that would emerge from my time in the lab. One day, at lab meeting, one of the lab members noted how my works shaped the perception and behavior of the viewer. The person asked if there was a way to create a work that, instead, changed in response to the viewer."

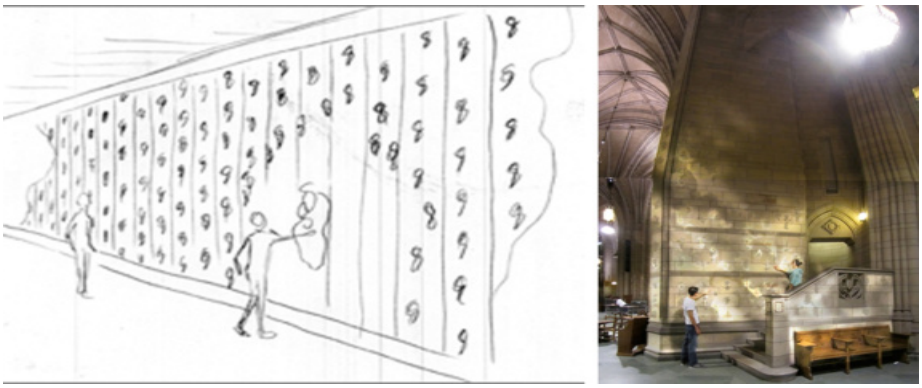


Figura 282. Natalie Settles- Stephen Tonsor, *The Evolving Wallpaper* (2011-2014). De izquierda a derecha: boceto de la instalación; proyección digital interactiva realizada en la Catedral de Lea de la *Pittsburg University* (2014).
Fuente: www.xsead.cmu.edu

9.2.2. Matthew Shlian- Max Shtein. *Paper Engineering* (2006-2017)

El artista estadounidense Matthew Shlian desarrolló una parte de su trabajo artístico en colaboración con un grupo de científicos de la *University of Michigan* (EE.UU): el investigador principal y profesor asociado de Ciencia e Ingeniería de Materiales, Max Shtein, los profesores de Ingeniería Química, Nicholas Kotov y Sharon Glotzer, y el profesor de Ingeniería Eléctrica y Ciencias de Computación, Pei-Cheng Ku.

Etapa introductoria:

La práctica artística de Shlian incluye la técnica japonesa de doblado de papel, origami, y de doblado y corte de papel, kirigami. Interesado en cómo su práctica artística puede ser aplicada en el campo de la ingeniería, Shlian decidió compartir su obra con los ingenieros. El artista mandó un DVD con las imágenes de sus obras a 50 investigadores de la *University of Michigan*.

Etapa del desarrollo:

Uno de los profesores que recibió la propuesta con el material de Shlian, David Martin, le invitó a presentar su trabajo en el Departamento de Ciencias Macromoleculares. Shlian mostró sus imágenes y llevó las muestras físicas de diferentes estilos de doblado de papel. Su trabajo llamó la atención del profesor e investigador principal, Max Shtein, que vió el potencial de su trabajo y su aplicación en el diseño de las placas solares que él estaba realizando y pensó que su uso podía reducir el coste del mecanismo del seguimiento solar.[397]

[397] University of Michigan Engineering (el 06 de enero, 2016). *Art Inspired Solar Cells*. Recuperado de: https://www.youtube.com/watch?time_continue=6&v=x_zEvVU-ork&feature=emb_logo (Consultado el

En 2006 Shlian empezó su colaboración con Shtein y otros científicos con reuniones periódicas en sus instalaciones de la *University of Michigan*. El objetivo de las reuniones era analizar las posibilidades de cómo aplicar las técnicas de doblado de papel de Shlian a los materiales usados por los científicos.

Etapa conclusiva:

Shlian deseñó una propuesta de kirigami de papel que respondía a las necesidades funcionales de los científicos. El diseño del artista fue aplicado a una hoja de poliimida recubierta por una cara de células solares hechas con arseniuro de galio (figura 283). Es una construcción muy fina, flexible y fácil de manipular. Cortaron la hoja de poliimida mediante procedimientos de corte con láser siguiendo el esquema de Shlian. Al estirar la hoja de poliimida con las células solares, sus formas se inclinaban. Dependiendo del estiramiento y la inclinación de la hoja, las células solares podían captar la luz solar con bastante precisión. El proyecto recibió financiación de la *National Science Foundation*, *EFRI-ODISSEI: Multi-scale Origami for Novel Photonics, Energy Conversion* entre el 2012 y 2017.

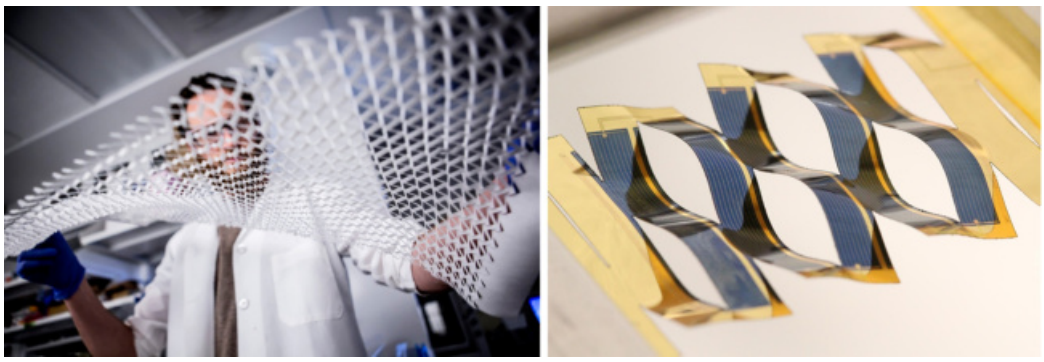


Figura 283. Matthew Shlian- Max Shtein. *Paper Engineering* (2006-2017). De izquierda a derecha: Matthew Shlian trabajando con el modelo de papel realizado con la técnica del kirigami; estructura de kirigami aplicada a células solares de arseniuro de galio, lámina de polimida estirada. Fuente: https://news.engin.umich.edu

9.2.3. Robert Kesseler- Melina Schuh. *Lens on Life* (2014)

El artista inglés Robert Kesseler fue uno de los participantes en el proyecto *MitoSys* (2010-2015), organizado por el *Research Institute of Molecular Pathology* de Viena (Austria). El proyecto se dedicó al estudio de la mitosis, el proceso de división de las células eucariotas mediante el cual se generan dos células hijas idénticas de una célula madre. La mitosis implica el proceso de duplicación y reparto equitativo de la información genética en cada una de las células hijas.

12.05.2020). "Our attempt here with this research is to propose a new way of looking at these structures and saying, well, you can use existing materials and nothing really needs to change very much. You just shape them in different ways that gives you this benefit."

El objetivo del proyecto *MitoSys* fue integrar el trabajo de destacados matemáticos, bioquímicos, biofísicos y biólogos sobre la mitosis y complementar su actividad con la presencia de artistas de renombre internacional de los ámbitos de la danza, la cerámica, la escultura y las bellas artes. La parte del proyecto dedicada a la unión de los artistas y científicos, *Meeting of Minds*, fue comisariada por la historiadora del arte y directora de la organización *Artakt*, Marina Wallace.

Cuatro artistas y cuatro científicos participantes en el proyecto se conectaron para desarrollar una colaboración teórico-práctica que se presentó en el documental *Meetings of Minds* (2014), dirigido por la directora Natasha Serlin. El documental está dividido en cuatro partes y muestra la manera en que los científicos introducen a los artistas en el mundo de las células y la investigación sobre ellas, así como el resultado de la producción artística basada en esta experiencia. La primera parte, *Ways of Saying,* presentó el trabajo realizado por la coreógrafa Shobana Jeyasingh en el diálogo con el genetista Kim Nasmyth. La segunda, *Ways of Seeing,* mostró la colaboración entre el artista Robert Kesseler y la bióloga molecular Melina Schuh. La tercera parte, *Ways of Being,* muestra el diálogo desarrollado entre el tándem artístico compuesto por Heather Ackroyd y Dan Harvey con el biólogo celular y molecular Jan-Michael Peters. La cuarta parte, *Ways of Growing,* presentó el diálogo desarrollado entre el tándem artístico compuesto por Lucy y Jorge Orta y el biólogo molecular Tony Hyman.

Etapa introductoria:

La colaboración entre los artistas y los científicos, en el caso del proyecto *MitoSys,* fue iniciada por Jan-Michael Peters, director científico del Research Institute of Molecular Pathology y Marina Wallace, directora de la organización *Artakt*. Ellos seleccionaron artistas y científicos para que colaborasen durante el proyecto *Meeting of Minds*.

Etapa del desarrollo:

El artista Robert Kesseler colaboró con la bióloga molecular Melina Schuh. Kesseler visitó a Schuh en el *MRC Laboratory of Molecular Biology* (LMB) de Cambridge (Reino Unido), donde la científica le mostró el proceso de la investigación sobre la mitosis, compartiendo con él imágenes y visualizaciones tridimensionales del proceso de la división celular. Basado en esta experiencia, el artista produjo una serie de dibujos y objetos hechos de cristal inspirados en la mitosis. Schuh visitó el estudio de Kesseler en Londres, donde el artista le presentó sus ideas, resultantes de su interpretación sobre del proceso de la división celular (figura 284).



Figura 284. Robert Kesseler- Melina Schuh. *Lens on Life* (2014). Reuniones del artista y la científica en el MRC Laboratory of Molecular Biology (LMB) de Cambridge y en el estudio artístico de Londres. De izquierda a derecha: Kesseler visita al laboratorio de Schuh; Kesseler mostrando los dibujos realizados durante la colaboración a Schuh; Kesseler mostrando las piezas de vidrio coloreado realizadas durante la colaboración a Schuh. Fuente: https://vimeo.com

Etapa conclusiva:

De la colaboración entre Kesseler y Schuh resultó una serie de dibujos con tinta y colorantes y una serie de esculturas de cristal coloreado realizadas en colaboración con el fabricante de vidrio Stewart Hearn en Londres (figura 285). Aparte de los dibujos y esculturas, Kesseler realizó un vídeo titulado *Zona Pellucida - Zona Lucida*[398] (2014) que muestra el proceso de la mitosis a partir de la superposición de las fotografías de sus dibujos y esculturas y proyectando sobre esculturas de cristal las imágenes de la mitosis proporcionadas por Schuh (figura 286).



Figura 285. Robert Kesseler- Melina Schuh. *Lens on Life* (2014). Proceso de creación del proyecto. De izquierda a derecha y de arriba abajo: dibujo con una mezcla de tinta negra y colorantes; lavado de tinta con el agua; producción de obras de vidrio coloreado por el fabricante Stewart Hearn; pieza de vidrio coloreado. Fuente: https://vimeo.com

[398] Kesseler, R. (el 30 de julio, 2014). *Zona Pellucida Zona Lucida 420*. Recuperado de: https://vimeo.com/102108678 (Consultado el 10.05.2020)

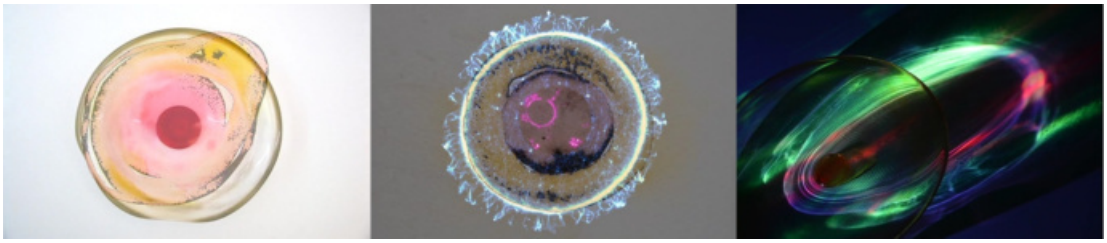


Figura 286. Robert Kesseler- Melina Schuh. *Lens on Life* (2014). *Zona Pellucida-Zona Lucida* (2014). Fotogramas de vídeo. Fuente: https://vimeo.com

El proyecto *MitoSys* fue financiado por el Séptimo Programa Marco de la Comunidad Europea dedicado a la Investigación Europea, FP7. Las obras que resultaron de las cuatro colaboraciones organizadas durante el proyecto se mostraron en la exposición *Lens on Life*, comisariada por Wallace y celebrada en Italia (Galería *Federica Schiavo* en Roma, 2014), Reino Unido (*Lethaby Gallery* en Londres, 2015) y Alemania (*University Museum* en Heidelberg, 2015).

9.2.4. Wolfgang Buttress- Martin Bencsik. *The Hive* (2015)

La instalación escultórica interactiva *The Hive* (2015), del artista inglés Wolfgang Buttress, resultó de la colaboración de expertos de diferentes disciplinas. Buttress colaboró con el físico Martin Bencsik, experto en la decodificación de las variaciones de los zumbidos de las abejas, el ingeniero Tristan Simmonds, el equipo de arquitectos y paisajistas del estudio BDP en Manchester, el equipo de ingenieros de construcción de la empresa *Stage One*, el equipo de diseñadores de la empresa creativa *Squint Opera*, los músicos Kev Bales y Tony Foster, la violonchelista Deidre Bencsik y la vocalista Camille Buttress.

Etapa introductoria:

El contacto con el colaborador principal, el físico Martin Bencsik, para la realización del proyecto *The Hive,* fue iniciado por Wolfgang Buttress. El artista ideó la obra para la exposición universal *Expo Milano* en 2015 con el tema *Feeding the Planet, Energy for Life*. Su propuesta trataba sobre el peligro de extinción de las abejas y el impacto que su desaparición podría tener en la vida del ser humano. Buscando a colaboradores locales expertos en abejas, encontró a Bencsik, cuya investigación trata sobre la condición de las colmenas midiendo las vibraciones producidas por las abejas en la *Nottingham Trent University* (Reino Unido). Bencsik le invitó a visitarle a la universidad y empezaron a desarrollar el proyecto.

Etapa del desarrollo:

Buttress y Bencsik se reunieron durante seis meses en la universidad, donde el científico compartió detalles de su trabajo con el artista mostrándole las colmenas y el proceso de medición de las vibraciones producidas por las abejas, y en el estudio del artista, donde reflexionaron sobre las posibilidades de implementar el trabajo de ambos en una sola obra. Al revisar las posibilidades y hacer el plan del desarrollo de *The Hive*, Buttress contactó con otros profesionales que aportaron a la creación de la obra otros conocimientos, cada uno con la experiencia profesional de su área concreta. En la fase de la planificación se organizaron varias reuniones entre profesionales, en su mayor parte en el estudio del artista (figura 287).

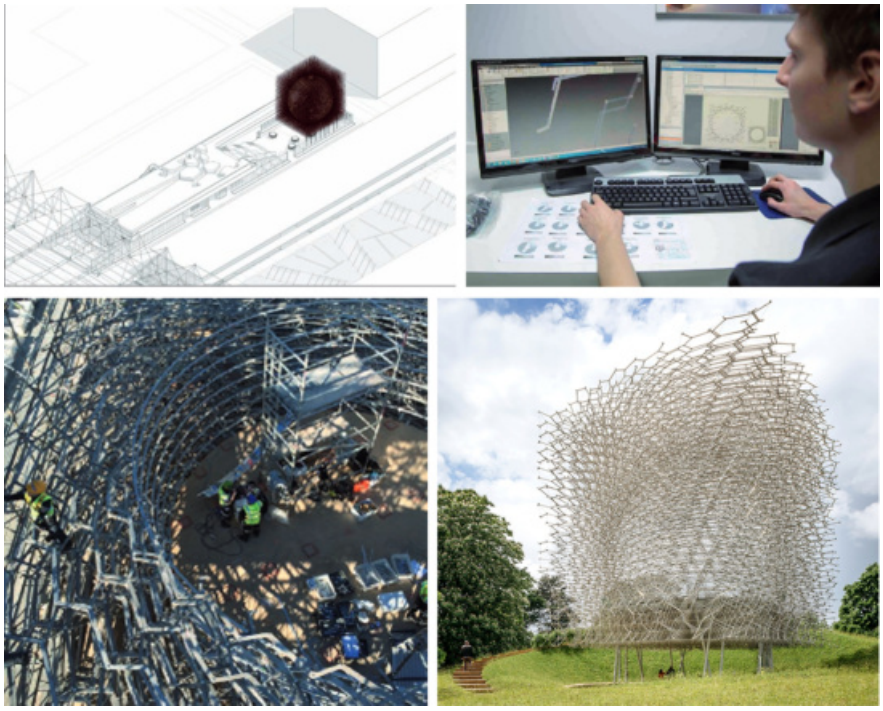


Figura 287. Wolfgang Buttress- Martin Bencsik. *The Hive* (2015). Proceso de producción de la obra. De izquierda a derecha y de arriba abajo: modelo digital de la instalación; creación del diseño de la obra; vista superior de la estructura de la instalación; vista general de la instalación. Fuente: Mateo-Garcia, M. (2016). ´The Hive´: una experiencia multisensorial que integra arte, ciencia y paisajismo. *AFL - Arquitectura en Fachadas Ligeras y Ventanas*, *Nº2*. Pág. 42, 46 y 47.

Etapa conclusiva:

Cada una de las personas involucradas aportó a la realización del proyecto un conocimiento específico de su área de trabajo. Buttress propuso la idea conceptual del proyecto. Martin Bencsik facilitó la información y la tecnología necesaria para medir, grabar y transmitir en tiempo real las vibraciones de los diferentes zumbidos de las abejas de colmenas en la

Escuela de Ciencia y Tecnología de la *Nottingham Trent University* y en el Jardín botánico *Kew Gardens* de Richmond (Reino Unido). El ingeniero Tristan Simmonds, la empresa de ingeniería de construcción *Stage One* y el equipo de diseñadores de la empresa creativa *Squint Opera,* desarrollaron la construcción de la instalación. El arquitecto paisajista del estudio BDP, James Millington, creó un paisaje alrededor de la obra que recreaba el campo británico.[399] Los músicos Kev Bales y Tony Foster crearon una composición sonora utilizando la grabación de los zumbidos de las abejas proporcionadas por Bencsik. A este resultado le añadieron una capa melódica y rítmica improvisada con un sonido de violonchelo interpretado por Deidre Bencsik y un sonido vocal aportado por Camille Buttress.[400]

9.2.5. Jill Scott- Esther Stoeckli. *SOMABOOK - Art and Neural Development* (2013)

La instalación interactiva *SOMABOOK - Art and Neural Development* (2013) de la serie *Neuromedia: Art and Neuroscience Research* (2003-presente) de la artista australiana Jill Scott, fue realizada en colaboración con la neurocientífica Esther Stoeckli y el equipo científico del *Institute* of *Molecular Life Sciences* de la *University of Zurich* (Suiza).

Etapa introductoria:

Jill Scott fue artista en residencia en varios programas que ofertan la colaboración con científicos y el trabajo con nuevas tecnologías: en el Instituto de Investigación Celular y Molecular en Neurobiología de la *University of Zurich* de Suiza (2016 y 2007-2008), en el laboratorio de *SymbioticA* de la *University of Western Australia* de Australia (2014), en el Instituto de Biología Molecular de la *University of Zurich* de Suiza (2010-2011), en el Dpto. de Dermatología del Hospital Universitario de la *University of Zurich* de Suiza (2009), en el Laboratorio de Inteligencia Artificial de la *University of Zurich* de Suiza (2003-2006), y en el Centro de Arte y Medios (ZKM) en Alemania (1995-1997).

Atraída por el tema del sistema nervioso del ser humano y la percepción somática, Scott inició el contacto con Esther Stoeckli en 2007 con el objetivo de aprender sobre la forma en la que se registra el movimiento del cuerpo humano en el cerebro. Stoeckli aceptó a Scott como artista en residencia en el *Institute* of *Molecular Life Sciences* de la *University of Zurich*

[399] UK Trade & Investment (UKTI). (el 11 de mayo, 2015). *The UK Pavilion at Milan Expo 2015: The Creators*. Recuperado de: https://www.youtube.com/watch?v=TsJXdv85kmI. (Consultado el 22.01.2019). "We started off looking at fruit trees and pollination of the fruit trees, and that gave us the idea of the orchard which was the first starting point of the visitors experience of the expo site at the decumanus, and how that could then move through into a very typical British landscape theme of the wildflower meadow."

[400] *Interview: Be: One* (el 8 de marzo, 2016). M online, PRS for Music. Recuperado de: https://www.m-magazine.co.uk/features/interviews/interview-be-one/. (Consultado el 22.01.2019). "We thought the key was to utilise these sounds, melodically and rhythmically, and to keep the bees at the forefront of the music, then try and compliment them with simple melodies and drones."

y le asignó una estudiante del máster, Livia Weber, para que le proporcionase información básica sobre el funcionamiento del sistema neuronal.[401]

Etapa del desarrollo:

Al empezar el trabajo en el laboratorio, Scott seguía la investigación que estaban realizando los científicos, observándoles, haciéndoles preguntas e incorporándose a su equipo.[402] La artista realizaba apuntes y bocetos sirviéndose de la información recibida y utilizaba los microscopios disponibles para observar el crecimiento del sistema nervioso central (figura 288). Estas estrategias le facilitaron suficiente información como para poder plantear el aspecto visual de la obra *Somabook*. La estudiante del máster Livia Weber proporcionó a Scott la información básica sobre el desarrollo del sistema neuronal. La doctoranda Jeannine Frei le facilitó información sobre las células de la placa neural que forman el tubo neural. La estudiante postdoctoral Nicole Wilson le enseñó la técnica del "libro abierto" en la disección del tubo neural del embrión del pollo.

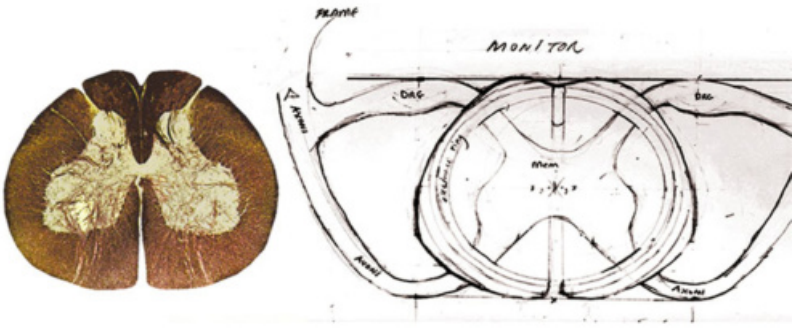


Figura 288. Jill Scott- Esther Stoeckli. *SOMABOOK - Art and Neural Development* (2013). De Izquierda a derecha: micrografía de la sección de médula espinal humana adulta; dibujo inspirado en la dicha micrografía realizado por Scott. Fuente: Scott, J. y Stoeckli, E. (Eds.) (2012). *NEUROMEDIA: Art and neuroscience research*. (2012). Pág. 39

Etapa conclusiva:

La escultura mediática interactiva *Somabook* (2010/2011) visualiza el desarrollo del sistema nervioso central del ser humano a partir de un tubo neural, una forma cilíndrica presente en

401 Scott, J. y Stoeckli, E. (Eds.) (2012). *NEUROMEDIA: Art and neuroscience research*. (2012). Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag. Pág. 38. "Given my long-time interest in somatic perception, I wanted to be there to learn more about how the movement of the human body registers in the brain… As Esther first described it to me, axons extend from the neural cells following a twisty "road map" in order to reach their correct destinations. While this may sound simple, I was so overwhelmed that she assigned Livia Weber, a lively Masters student, to give me the basics."

402 Ibidem. Pág. 39. "As a non-scientist, I often rely on a few strategies to facilitate my understanding of basic science. They include sheer persistence and curiosity, as well as possession of the drawing skills to represent anatomical concepts in another "language" while also learning the relevant scientific language by attending doctoral seminars and discussion with the scientists. I am also a firm believer in the immersive, laboratory-based, experiential approach. This means "shadowing" the scientists as they conduct their research and observing their production processes..."

el embrión. La parte escultórica de la obra tiene el aspecto de la columna vertebral humana y está hecha de acero a partir de dibujos de Scott basados en una micrografía realizada con el microscopio electrónico de barrido. La textura de la columna vertebral fue creada con pasta cerámica y espuma de poliestireno (figura 289).

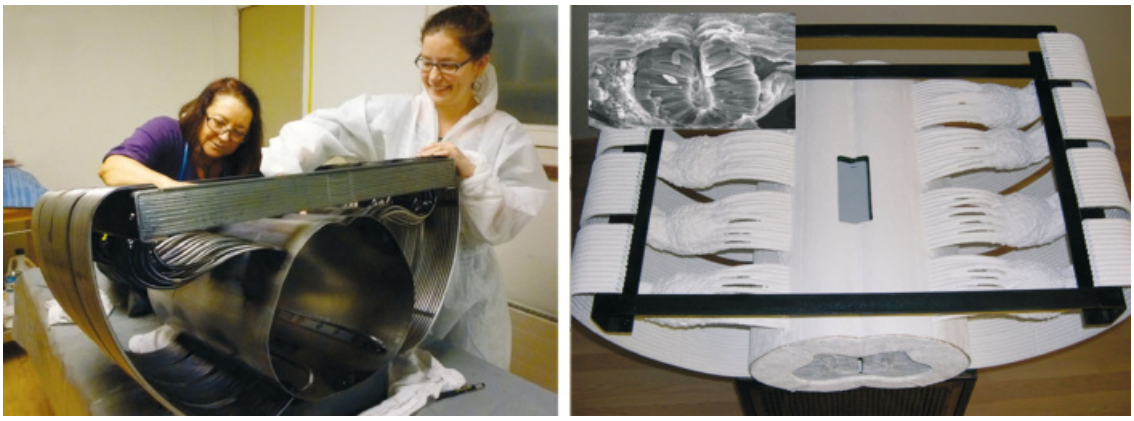


Figura 289. Jill Scott- Esther Stoeckli. *SOMABOOK - Art and Neural Development* (2013). Proceso de creación de la parte escultórica de la obra *Somabook* en el estudio artístico de Jill Scott en Zúrich (Suiza). De izquierda a derecha: creación de la base de acera; textura de la escultura creada con pasta cerámica y espuma de poliestireno. Fuente: Scott, J. y Stoeckli, E. (Eds.) (2012). *NEUROMEDIA: Art and neuroscience research*. (2012). Pág. 49

En el interior del tubo neuronal se encuentran tiras de sensores electrónicos táctiles conectados a la parte digital de la obra, dos pantallas táctiles colocadas en la parte superior de la obra. Las pantallas tienen el aspecto de un libro abierto y en ellas se muestran vídeos en bucle sobre la investigación del laboratorio. Los vídeos realizados en colaboración con la bailarina Meret Schlegel mostraban movimientos relacionados con el estado del sistema nervioso.

9.2.6. Richelle Gribble - Dana Simmons. *Neural networks*; *Interwined*; *The Trees Inside Our Brain* (2015-2016)

Las series de dibujos *Neural networks* (2015-2016) e *Interwined* (2015) y el libro *The Trees Inside Our Brain* (2016) fueron desarrollados de forma colaborativa entre la artista Richelle Gribble y la neurocientífica Dana Simmons durante la residencia virtual *Bridge* en 2015-2016 que organizó la asociación *SciArt Initiative* de Nueva York (EE.UU).

Etapa introductoria:

La colaboración entre Gribble y Simmons fue propuesta por la *SciArt Initiative*, una organización sin fines de lucro de Nueva York, dedicada a la promoción del arte inspirado en la ciencia, la idea de la tercera cultura, la colaboración crosdisciplinaria y el modelo educativo STEAM (Science, Technology, Engineering, Art, Mathematics). Todos los años

SciArt Initiative organiza el programa de la residencia virtual *The Bridge: Experiments in Science & Art*. El programa tiene una duración de cuatro meses y se desarrolla entre septiembre y enero. Está dirigido a artistas, científicos, tecnólogos y profesionales creativos que pueden inscribirse en el programa a través de una convocatoria abierta cada junio. Los organizadores eligen pares de colaboradores mixtos (de las artes y de las ciencias) basándose en los intereses y trabajos realizados por los profesionales que resulten de conveniencia. Una vez admitidos al programa y emparejados, los colaboradores tienen que mantener un blog semanal sobre su actividad y proyectos, documentando el proceso de colaboración. Gracias al programa *The Bridge*, Richelle Gribble y Dana Simmons se inscribieron en la residencia, fueron seleccionadas y emparejadas para realizar un proyecto común basado en su interés en las formas y patrones naturales microscópicos y macroscópicos.

Etapa del desarrollo:

Gribble y Simmons empezaron haciendo reuniones en línea dos veces a la semana donde se presentaban mutuamente sus trabajos profesionales. La científica explicó su tema de investigación a la artista y le proporcionó textos sobre ello y las imágenes que realizó en el laboratorio de la *University of Chicago*. Partiendo de las imágenes y los textos recibidos, Gribble creó una serie de dibujos que trataban sobre la morfología de la célula de Purkinje, neurona con una forma ramificada compleja, y sobre el tema del autismo (figura 290).



Figura 290. Richelle Gribble- Dana Simmons. *Neural networks*; *Interwined*; *The Trees Inside Our Brain* (2015-2016). Proceso colaborativo entre la artista y la neurocientífica durante el programa virtual de residencias colaborativas *The Bridge.* De izquierda a derecha: grupo de imágenes proporcionadas por Simmons muestran el laboratorio y proceso de investigación científica; grupo de imágenes proporcionados por Gribble muestran bocetos y dibujos realizados por la artista. Fuente: www.sciartinitiative.org

Etapa conclusiva:

De la colaboración mantenida durante cuatro meses resultaron dos series de dibujos, Neural networks (2015-2016) e Interwined (2015), realizados por Gribble a partir de la

investigación de Simmons. Dana Simmons realizó grabados partiendo de las micrografías de las neuronas realizadas en el laboratorio de la *University of Chicago* (figura 291). Aparte de los dibujos, la artista y la científica crearon el libro *The Trees Inside Our Brain* (2016) dedicado a la investigación neurocientífica sobre el autismo (figura 292).



Figura 291. Richelle Gribble –Dana Simmons. *Neural networks*; *Interwined*; *The Trees Inside Our Brain* (2015--2016). Grabados realizados por la neurocientífica Dana Simmons basados en micrografías de las neuronas.
Fuente: www.richellegribble.com



Figura 292. Richelle Gribble –Dana Simmons. *The Trees Inside Our Brain* (2016). Libro realizado en colaboración de la artista y la neurocientífica.
Fuente: www.richellegribble.com

9.2.7. Marc Quinn- Sir John Sulston. *Sir John Sulston* (2001)

El retrato genético *Sir John Sulston* (2001)del artista británico Marc Quinn, es resultado de la colaboración entre el artista y el biólogo y genetista británico Sir John Sulston, ganador del Premio Nobel de Medicina y Fisiología en 2002. El retrato fue un encargo de la *National Portrait Gallery* en Londres (Reino Unido) y financiado por la organización benéfica de investigación biomédica *Wellcome Trust*.

Etapa introductoria:

El retrato de Sulston fue encargo de la *National Portrait Gallery*. El contacto entre el artista y el científico fue iniciado por el museo. El historiador de arte británico y ex-director de la *National Portrait Gallery*, Charles Saumarez Smith, explica el proceso de selección del artista en el artículo *When is a portrait not a portrait?*[403] (2001).

El museo eligió a Quinn debido a su interés artístico en la ciencia y el cuerpo humano y a su posición profesional actual en el ámbito del arte británico contemporáneo. El primer encuentro del artista y el científico tuvo como objetivo convencer a Sulston que Quinn era la persona adecuada para la producción de su obra.

[403] Saumarez Smith, C. (el 19 de septiembre, 2001). When is a portrait not a portrait? *The Telegraph*. https://www.telegraph.co.uk/culture/4725651/When-is-a-portrait-not-a-portrait.html. (Consultado el 05.08.2019)

Etapa del desarrollo:

Quinn tenía la idea de que el retrato de Sulston debía ser de carácter abstracto, pero al principio de la colaboración no tenía un concepto previo sobre qué tipo de obra va a realizar. Sulston le invitó a visitar su puesto de trabajo y las instalaciones del *Wellcome Trust Sanger Institute* de Cambridge (Reino Unido), dedicadas a la investigación genómica. Después de algunas visitas al instituto, Quinn adquirió el conocimiento básico necesario para entender cómo se desarrolla una investigación científica y las técnicas que se utilizan. El artista propuso crear un retrato abstracto, genético (figura 293).[404]

Etapa conclusiva:

La obra se realizó en las instalaciones del *Wellcome Trust Sanger Institute,* donde el artista usó una muestra de ADN de Sulston secuenciada a partir de su esperma, de acuerdo con los métodos y técnicas aplicados en el laboratorio del instituto. Con la asistencia del equipo científico, Quinn cultivó las colonias bacterianas que contenían las partes del genoma del científico sobre gelatina de agar. El plato con la gelatina agar fue enmarcado en plata. Quinn describe su obra como el retrato más literal que pudo proponer, ya que muestra a un sujeto a través de su ADN.

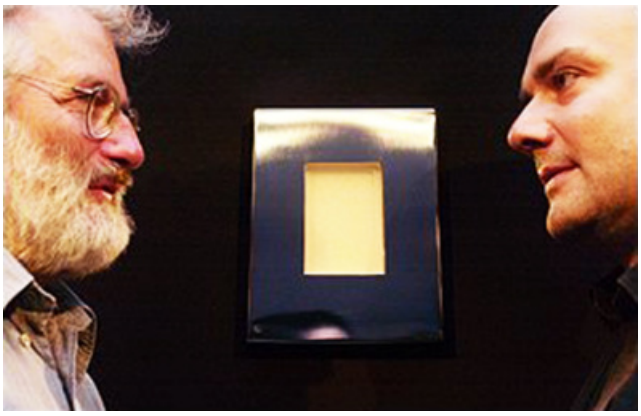


Figura 293. Marc Quinn- Sir John Sulston. *Sir John Sulston* (2001). Artista y científico con el retrato genético de Sulston. Fuente: http://news.bbc.co.uk

9.2.8. Eduardo Kac- Louis-Marie Houdebine y Patrick Prunet. *GFP Bunny* (2000)

El proyecto *GFP Bunny* (2000), del artista brasileño residente en EE.UU Eduardo Kac, tuvo como resultado la creación de un conejo genéticamente modificado con la proteína verde fluorescente (*green fluorescent protein* – GFP), característica de la especie de la medusa

[404] Giles, C. (febrero, 2011). Q&A with Marc Quinn. *Big Picture.* Recuperado de: https://bigpictureeducation.com/marc-quinn-interview. (Consultado el 05.08.2019). "I went to meet him with no preconceptions about what to make. He showed me around the Wellcome Trust Sanger Institute, and it was through his eyes seeing how everything worked that I came up with the ideas for the portrait. It was a literal collaboration too, because I got some of his DNA."

Aequorea victoria. El trabajo fue realizado en colaboración con los genetistas franceses Louis-Marie Houdebine y Patrick Prunet en el Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (*Institut National de la Recherche Agronomique* – INRA) de París (Francia).

Etapa introductoria:

Eduardo Kac propuso la idea conceptual del proyecto *GFP Bunny* al artista y comisario argelino Louis Bec, quien le facilitó el contacto con los científicos adecuados para desarrollar su proyecto en un laboratorio científico. Se puede decir que la colaboración con los científicos fue iniciada por parte del artista aunque no fue él quien inició el contacto personalmente.

Etapa del desarrollo:

Houdebine, Prunet y el equipo de científicos del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas inyectaron la proteína verde fluorescente (GFP) al huevo fertilizado de un conejo albino. El resultado de esta acción fue el nacimiento de un conejo que, visto en condiciones ambientales normales, es de color blanco. Iluminado con luz azul, el animal brilla con el color verde fluorescente (figura 294).



Figura 294. Eduardo Kac- Louis-Marie Houdebine y Patrick Prunet. *GFP Bunny* (2000). De izquierda a derecha: Kac y Alba, el conejo genéticamente modificado; conejo visto bajo la luz azul muestra la presencia de la proteína verde fluorescente (GFP). Fuente: www.ekac.org

Etapa conclusiva:

El desarrollo del proyecto supuso tres fases. La primera, el nacimiento del conejo. La segunda, su presentación al público. La tercera fase supuso la incorporación del conejo

como miembro de la familia Kac. El proyecto no pudo concluirse, ya que la idea de presentar el conejo genéticamente modificado como una obra de arte causó la reacción del público y Paul Vial, director del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INRA) en aquellos tiempos, decidió que el conejo debía quedarse en el laboratorio.

La reacción del público incluyó un debate sobre conceptos socio-culturales y éticos. Algunos científicos juzgaron el uso de la biotecnología en la creación artística, caracterizándolo como exhibicionismo y frivolidad (Arthur Caplan de la *University of Pennsylvania* y John Woodland Hastings de la *Harvard University*). Otras personas y miembros de la organización para la protección de animales, PETA (*People for the Ethical Treatment of Animals*), juzgaron la obra de Kac basándose en conceptos éticos de maltrato y en los derechos de los animales. Surgieron preguntas sobre las consecuencias que el proyecto podía tener sobre el ecosistema y si el conejo genéticamente modificado se podía reproducir en la naturaleza.[405]

9.2.9. Eduardo Kac- Neil Olszewski. *Natural History of Enigma* (2003-2008)

El proyecto *Natural History of Enigma* (2003-2008), realizado por Eduardo Kac, incluye una serie de obras que tratan el tema de la genética y la botánica. Una parte del proyecto incluye la creación de una flor petunia genéticamente modificada con el ADN del artista y a la que asignó el nombre *Edunia*. Otra parte del proyecto incluye la obra escultórica *Singularis*, inspirada en el proceso de la creación de *Edunia*, que interpreta las formas morfológicas de una proteína humana y una proteína vegetal. El proyecto se desarrolló en colaboración con el profesor de biología vegetal de la *University of Minnesota* (EE.UU), Neil Olszewski.

Etapa introductoria:

En el año 2003, Kac recibió un encargo de la *University of Minnesota* para crear una escultura para el Campus de *St. Paul*. El artista invitó a los miembros de la Facultad de Ciencias Biológicas a reunirse con él para presentarles el proyecto y anticiparles que versaría sobre el ámbito de la genética e incluiría no solo la escultura, sino también la creación de una planta genéticamente modificada con el gen del artista.[406] Uno de los profesores que

[405] Connolly, P., Cox-White, B., Keller, D.R. and Leever M.G. (2009). *Ethics in action: A case based approach*. West Sussex: Wiley-Blackwell. Pág. 130.

[406] Chicago Humanities Festival (el 9 de diciembre, 2013). *Eduardo Kac: Transgenic Artist*. Recuperado de: https://www.youtube.com/watch?v=3LSJVD0m1Mg. (Consultado el 25.05.2020). "My objective was to start with my red veins, with my blood, and move a fragment of my DNA to the red veins of the flower, only the veins. Not only to be present in the veins, but to be integrated into the chromosome and to actually express my sequence in its veins. That is, to produce the same protein that it produces in my body..."

participaron en la reunión fue Neil Olszewski. Atraído por la propuesta del artista, apoyó su idea y se propuso como coordinador científico del proyecto.

Etapa del desarrollo:

En colaboración con Olszewski, Kac aisló una secuencia genética de su propia sangre y la implementó a una célula bacteriana junto a un gen resistente a antibióticos. Cortaron una hoja de la planta petunia por la mitad y la expusieron a la bacteria que llevaba el gen del artista y a un gen resistente a antibióticos en una placa de Petri. El resultado fue la transferencia de la información genética de la bacteria a las células de la planta. El antibiótico eliminó todas aquellas células de la hoja que no habían adquirido el gen de Kac. Las células supervivientes, con el gen del artista, se multiplicaron y formaron un callus, una masa de células, que con el tiempo brotó formando *Edunia* (figura 295).

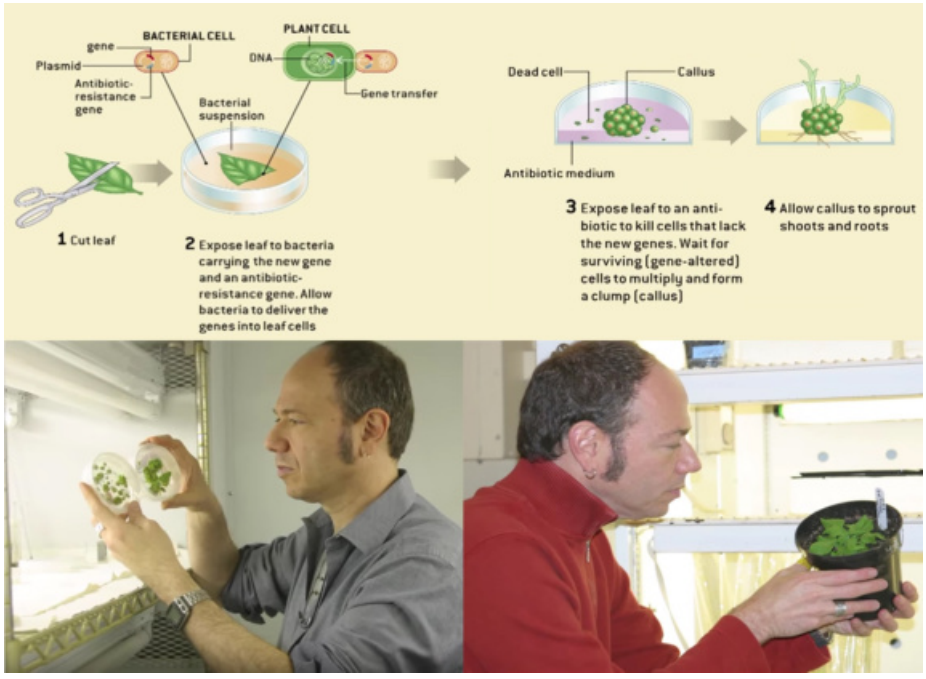


Figura 295. Eduardo Kac- Neil Olszewski. *Natural History of Enigma* (2003-2008). Proceso de creación de *Edunia*, una planta genéticamente modificada con el gen de Eduardo Kac. El proyecto fue desarrollado en el Departamento de Biología Vegetal de la Facultad de Ciencias Biológicas de la *University of Minnesota*. Fuente: www.youtube.com

Inspirado en el proceso de creación de *Edunia*, Kac creó la escultura *Singularis* (2008), construida con fibra de vidrio y metal. La obra interpretaba las formas morfológicas producidas por una proteína humana y una proteína vegetal, mostrando la unión de las dos especies. Es de color rojo, el color que manifiesta la presencia del gen del artista en las venas de la flor de la planta creada por Kac y Olszewski.

Etapa conclusiva:

El proyecto *Natural History of Enigma* fue expuesto por primera vez en 2009 en el *Weisman Art Museum* en el campus de la *University of Minnesota*. La exposición mostró la planta, *Edunia*, la escultura *Singularis* (figura 296), las fotografías de las seis flores de la primera planta *Edunia* creada, la serie *Mysterium Magnum* de ocho dípticos de acuarelas inspiradas en la creación de *Edunia*, la serie *Edunia Seed Pack Studies* de seis litografías que mostraban las formas de las raíces de la planta, y la serie de seis sobres son semillas de *Edunia*, creados a partir de las litografías (figura 297).



Figura 296. Eduardo Kac- Neil Olszewski. *Natural History of Enigma* (2003-2008). De izquierda a derecha: Kac y *Edunia* durante la exposición del proyecto, *Weisman Art Museum*, *University of Minnesota*; *Singularis*, escultura, *St. Paul Campus, University of Minnesota*. Fuente: http://prcpcion.blogspot.com y www.pa25.org



Figura 297. Eduardo Kac- Neil Olszewski. *Natural History of Enigma* (2003-2008). Exposición del proyecto, *Weisman Art Museum*, *University of Minnesota* (2009). De izquierda a derecha y de arriba abajo: fotografías de *Edunia; Mysterium Magnum*, acuarelas; *Edunia Seed Pack Studies*, litografías; sobre con semillas de *Edunia*. Fuente: www.ekac.org

9.2.10. Anna Dumitriu- Melissa Grant y Rachel Sammons. *Microbe Mouth* (2016)

El proyecto *Microbe Mouth* (2016) partió de la artista Anna Dumitriu en colaboración con la bioquímica Melissa Grant y la microbióloga Rachel Sammons de la Escuela de Odontología de la *University of Birmingham* (Reino Unido). Fue realizado para la exposición *Mouthy,* organizada por la *Science Gallery London* celebrada en el *Kings College London* en 2016.

Etapa introductoria:

Anna Dumitriu tiene una amplia experiencia profesional en realizar proyectos con científicos. Su producción artística incluye cultivos bacterianos y su aplicación sobre telas, así como la creación de distintos tipos de objetos a partir de ellos. Dumitriu ya conocía a la bioquímica Melissa Grant de un proyecto anterior (*High altitude bioprospecting*, 2010), donde fueron presentadas por un amigo común. La artista y la científica contemplaron la idea de crear una obra sirviéndose de un microorganismo dotado de la capacidad de producir una sustancia similar a los huesos. Decidieron realizar el proyecto para la citada exposición *Mouthy* convocada por *Science Gallery London*. A su vez, Grant conocía a la microbióloga Rachel Sammons, que trabajó con la bacteria *Serratia*, capaz de generar ese tejido similar al óseo, por lo que la propuso como colaboradora del proyecto.

Etapa del desarrollo:

El proyecto *Microbe Mouth* se desarrolló en la Facultad de Odontología, en el Instituto de Ciencias Clínicas de la *University of Birmingham* (Reino Unido). Sammons proporcionó la bacteria *Serratia* y el conocimiento sobre su cultivo y las posibilidades de manipular el material que ésta produce. Grant realizó los soportes de espuma con forma de diente empleados como plantillas para el desarrollo y el crecimiento de las bacterias. Dumitriu participó activamente en todas las etapas del proyecto: las reuniones sobre su planteamiento, la configuración del fermentador para cultivar la bacteria y la realización de los objetos finales (collares con colgantes en forma de dientes realizados con el caparazón producido por la bacteria).

Se realizó una serie de talleres abiertos al público general, en los que los participantes pudieron intervenir sobre los dientes de cerámica utilizando esmaltes derivados de varias especies bacterianas habituales en la boca humana. Los dientes de cerámica se realizaron a partir de muestras de los dientes humanos reales proporcionados por Grant. Las tres colaboradoras crearon dientes de arcilla que luego fueron vitrificados por Grant. También cultivaron bacterias de las especies citadas, capaces de producir pigmentos de distintos colores que emplearon en la elaboración de esmaltes. Todas esas bacterias fueron

posteriormente destruidas por razones de seguridad en el autoclave del laboratorio, horno metálico que realiza procesos de cocción y esterilización con vapor de agua.

Etapa conclusiva:

El proyecto *Microbe Mouth* se expuso por primera vez en la exposición *Mouthy* en 2016, organizada por la *Science Gallery London,* en el *Kings College London*. Los talleres se realizaron durante la exposición. Se permitía al público pintar con los esmaltes bacterianos los dientes cerámicos, decorándolos acorde al gusto personal. Grant coció los dientes pintados por el público y Dumitriu generó tres collares adicionales con el material resultante del taller (figura 298).



Figura 298. Anna Dumitriu- Melissa Grant y Rachel Sammons. *Microbe Mouth* (2016). De izquierda a derecha: taller realizado durante la exposición *Mouthy*, *Science Gallery London*, *Kings College London*, Reino Unido; dientes de cerámica pintados por los participantes durante el taller con los esmaltes bacterianos.
Fuente: https://annadumitriu.co.uk

CONCLUSIONES

Con respecto al tema del proyecto y a la hipótesis planteada en la presente investigación doctoral, los resultados muestran las relaciones entre los ámbitos artístico y científico y las posibilidades de generación de un espació híbrido de pensamiento teórico-práctico. En correspondencia a los objetivos propuestos en la introducción de la presente tesis doctoral, las conclusiones de la investigación se resumen en los siguientes puntos.

1. Generación y coexistencia del arte y la ciencia como dos constructos sociales. Estrategias de visualización para mostrar los avances cognitivos y científico-tecnológicos. Ruptura de Identidades sociales y estereotipos profesionales. Análisis de transmisión y gestión del conocimiento y reflexión sobre la realidad. Creación de un espacio integrador para la construcción de un conocimiento compartido. Visibilización de estrategias de organización profesional, de modelos de conocimiento y de procesos teórico-prácticos del arte y de la ciencia.

La investigación se centró en analizar los modelos de construcción de conocimiento arte-ciencia y las estrategias que incorporan los artistas en sus propuestas para mostrar los avances científicos: presentación, representación, interpretación y descontextualización.

El arte y la ciencia se observaron como dos constructos sociales, y se encontraron dos fundamentos de la distancia formada entre ellos (Collini, 1993; Snow, 1961; Lévy-Leblond, 2004): uno se debe a la terminología descriptiva empleada en su conceptualización; y el otro, se encontró en la organización del sistema educativo y en la popularización de la especialización profesional (Barth, 2011; Ashley-Smith, 2000; Kieniewicz, 2013).

Los dos ámbitos de conocimiento se analizaron de forma comparativa. Se recopilaron los términos relacionados en diferentes diccionarios (Oxford y Real Academia Española) y en diferentes textos de investigación académica (Ashley-Smith, 2000; Collini, 1993). Los resultados mostraron los términos relacionados con el arte (estética, belleza, creación, imaginación, expresión, interpretación, visual, emocional), los términos relacionados con la ciencia (investigación, observación, experimentación, metodología, conocimiento, razonamiento, predicción) y los términos compartidos entre los dos ámbitos cognitivos (actividad, capacidad, habilidad, maestría, práctica, principios, leyes, reglas). Con estos resultados obtenidos, elaborados por artistas, científicos y académicos (Wright y Linney, 2006; Root-Bernstein, 1985; Elias, 2008; Moravcsik, 1974; Engler, 1994; Newell, 2001; Copley, 1987; Walker et al., 2011), se seleccionaron cinco conceptos que corresponden al ámbito arte-ciencia: imaginación, curiosidad, intuición, estética y pensamiento.

El arte y la ciencia comparten su interés por distintos aspectos de la realidad. Su producción busca la creación de un conocimiento compartido (Lévi-Strauss, 1966) donde incorporar la

información de otros ámbitos de estudio. Tanto artistas como científicos divulgan el conocimiento y construyen sus propios discursos analítico-estéticos. Este proceso dialogante continuo se analizó en la tesis teniendo en cuenta las siguientes dicotomías descriptivas, dónde el primer término corresponde a la ciencia y el segundo al arte: funcional/emocional (Wilson, 1998; Wright y Linney, 2006), objetivo/subjetivo (Wagensberg, 1985) y lógico/inconsciente (Laporte, 1945).

En la tesis se consideró oportuno, en el ámbito arte-ciencia, mostrar los diferentes principios que influyen en el desarrollo personal y profesional de artistas y científicos en el contexto laboral: incentivos basados en la satisfacción personal, competición entre pares, actitud en el desempeño del trabajo y expectativas sobre la innovación de los resultados obtenidos (Monroy Antón y Sáez Rodríguez, 2012); impulso de lo estético y sus herramientas de visualización para el desarrollo de los procesos productivos y por la necesidad de contribuir con los resultados a la mejora de lo social (Moravcsik, 1974); aprendizaje con el método prueba y error (Gombrich, 1966; Lewis, 2014).

Se consideró de interés señalar que el proceso de investigación está presente tanto en la organización cognitiva artística como en la científica. Ambos ámbitos emplean métodos teóricos y prácticos en el desempeño de su labor. La ciencia usa un orden procesal determinado para el desarrollo de su trabajo teórico-práctico-teórico (Dolphin, 1992; Bunge, 2001). El arte usa el orden procesal flexible y puede variar de un orden práctico-teórico (Cornock, 1983) a un orden teórico-práctico-teórico.

Entre las estrategias profesionales a nivel social empleadas en el ámbito artístico y en el ámbito científico se han seleccionado las siguientes que son de interés para este proyecto: éxito profesional como un estimulo de la productividad en los dos ámbitos; evaluación por pares, procedente del círculo de compañeros, en forma de crítica interna; evaluación de los resultados por parte de un público genérico que no pertenece a ninguno de los dos ámbitos estudiados; estudio sociológico de las emociones; referentes y prácticas profesionales y relaciones participativas preexistentes; consumo y mercantilización de los productos arte-ciencia; fases de madurez en la vida laboral.

2. Niveles de interacción disciplinaria y problemática de la terminología que describen. Replanteamiento del concepto de la postdisciplinariedad y propuesta de una clasificación integradora. Desafíos de las propuestas que combinan e integran varias disciplinas a la vez.

En la tesis se realizó un análisis cualitativo y comparativo de los términos que describen la interacción disciplinaria particularizados por los prefijos *anti-*, *co-*, *cros-*, *inter-*, *intra-*, *meta-*, *mono-*, *multi-*, *no-*, pluri-, *poli-*, *post-, pre-,* y *trans-*. El objetivo fue determinar cuántos tipos disciplinarios existen y cómo se distinguen entre sí. Se consideraron las formas que los expertos utilizan para interactuar, intercambiar y adquirir conocimientos, metodologías y técnicas de otras disciplinas. Se prestó especial atención al término “postdisciplinariedad”.

Se consideró su posición integradora y su forma de gestionar el conocimiento procedente de otras disciplinas. Se propone observar la postdisciplinariedad como un entorno intelectual en el que las disciplinas pueden transformarse en base a su interacción con otras (Darbellay, 2016). Como resultado de este análisis se propuso la construcción de cuatro grupos disciplinares que contienen todos los términos analizados, ordenados según las metodologías de integración que utilizan y los conocimientos que llevan asociados:

- Predisciplinar (Büscher y Cruickshank, 2008; Jessop y Sum, 2001)
- Disciplinar (Jensenius, 2012; Collen, 2002)
- Postdisciplinar o no-disciplinar (Pedroza Flores, 2006; Jensenius, 2012; Collen, 2002; Besselaar y Heimeriks, 2001; Morin, 1997; Lawrence, 2010; Stock y Burton, 2011)
- Antidisciplinar (Ito, 2014; Patten, 2016; Brin, 2016)

Se propusieron como resultado del análisis las siguientes ventajas del trabajo colaborativo disciplinario: posibilidad de creación de nuevos ámbitos profesionales y especialidades (Morin, 1997; Fleming, 2013); integración de conocimientos especializados e intercambio de metodologías y procesos (Trewhella, 2009; Newell, 2001); comprensión compleja y holística de la realidad (Dumitriu, 2013; Brixey, 2017; Dalmau y Górriz, 2013).

Según los textos analizados, se observaron los siguientes desafíos: el problema de gestionar las perspectivas de análisis que cada disciplina aporta (Beer, 2006; Hekkanen, 2011; Newell, 2011); la necesidad del aprendizaje continuo de conceptos, lenguajes y procesos que provienen de disciplinas diversas en un tiempo limitado (Beer, 2006; Hekkanen, 2011); la necesidad de reconsiderar el valor del conocimiento especializado (Beer, 2006); la presencia de fronteras disciplinarias difusas que dificultan la posibilidad de ubicar los resultados de los proyectos y/o la pertenencia del investigador a un área del conocimiento específico (Jensenius, 2012).

3. Estudio de casos. Propuesta de clasificación de proyectos artísticos en el ámbito arte-ciencia analizados en esta tesis y de localización histórica de organizaciones e instituciones que fomentan y/o desarrollan las colaboraciones artístico-científicas. Perfil de los creadores contemporáneos y de las organizaciones seleccionadas.

Se realizaron dos estudios de casos:

1. Se analizaron 100 proyectos de arte contemporáneo realizados por 61 creadores y se clasificaron según las ramas científicas correspondientes: botánica; entomología; anatomía; neurociencia; genética; microscopía; sistemas generativos y patrones de la naturaleza; ecosistemas y bioingeniería. En primer lugar se analizaron las conexiones históricas vinculadas a cada una de ellas. En segundo lugar, se estudiaron los proyectos

de arte contemporáneo. En el análisis de los proyectos contemporáneos se tuvo en cuenta: título del proyecto, año de producción, descripción conceptual, procesal y física, grado colaborativo arte-ciencia, datos sobre los participantes y sobre las instituciones colaboradoras involucradas en su realización. En el análisis del perfil de los creadores seleccionados se tuvo en cuenta:

- Lugar de origen/residencia (EEUU 26, Reino Unido 8, Japón 5, Australia 4, Francia 4, Suiza 3, Holanda 3, Austria 2, España 2, Italia 2, Canadá 1, Dinamarca 1)
- Área de investigación científica relacionada (entomología 12, ecosistemas bio 12, sistemas generativos y patrones 11, microscopía 10, botánica 9, neurociencia 6, genética 6, anatomía 3)
- Medios de producción (artes visuales: escultura 12, instalación 9, pintura 6, vídeo 5, dibujo 4, instalación 3, diseño 3, grabado 3, fotografía 3; artesanía: tejidos 2, bordado 1, devoré 1, ganchillo 1; ciencia: placas de Petri 6, microscopio 5, cultivos bacterianos 5, cultivos celulares 3, biorreactores 3, electroencefalógrafos 2, modificación genética 1, creación artificial selectiva 1; tecnología: proyectos digitales interactivos 5, proyectos interactivos 3, proyectos digitales 3, robótica 3, impresión 3D 3, láser 2). Se consideró oportuno estudiar los cambios estéticos que se producen en los modos de mostrar al público estos dispositivos arte-ciencia. En algunos casos las herramientas científico-tecnológicas se convierten en elementos estéticos que forman parte de la propia presentación de los proyectos. Los creadores descontextualizan estos medios, cambiando el propósito científico para el que fueron creados para realizar una redefinición estética de su uso.
- Formación curricular (artes 40, ciencia 7, otros 7, arte y ciencia 4, sin datos 3)

2. Se realizó un análisis histórico-cronológico de 43 organizaciones e instituciones que fomentan, divulgan y/o organizan actividades arte-ciencia relacionadas. El estudio abarcó un periodo de 50 años (1967-2017) y clasificó a las organizaciones por décadas, según el año de su fundación. En el proceso se observó un aumento en el número de nuevas organizaciones de este tipo a partir del 2000 (31 organizaciones). Cada una de ellas se analizó desde cuatro puntos de vista:

   - Información básica (país de origen: EEUU 16, Australia 5, Canadá 4, España 4, Reino Unido 3, Austria 3, Suiza 2, Holanda 1, Alemania 1, Francia 1, Finlandia 1, Irlanda 1, Serbia 1; formación curricular de los fundador(es): arte 16, humanidades 10, arte/ciencia 4, ciencia/humanidades 4, ciencia 3, arte/humanidades 3, arte/ciencia/humanidades 1, entidades políticas 2; vínculo con el sector académico 14)
   - Principios fundacionales y organizacionales. Se observó que entre los objetivos fundamentales propuestos por las organizaciones seleccionadas se podían destacar cuatro: divulgación artística de conocimiento científico a un público general;

apertura de las instalaciones científicas para la exploración y la investigación artística; fomento del diálogo arte-ciencia para la investigación y la innovación artística; organización de exposiciones y/o eventos artístico-científicos.

- Programación. La mayoría de las organizaciones proponen distintos tipos de encuentros en su programación (conferencias 13, foros 5, simposios 5, presentaciones 5, debates 3, reuniones arte-ciencia-tecnología 3, seminarios 2, mesas redondas 2). Muchas organizan exposiciones y proyectos arte-ciencia (31), ofrecen programas educativos universitarios y no universitarios (21), programas de residencias artísticas (27) y talleres (15). Algunas tienen convocatorias para becas, premios y/o encargos (7). Diez de las organizaciones analizadas tienen sus propias publicaciones. Ocho de ellas organiza otros eventos (proyecciones, performance, eventos experimentales, visitas, eventos comunitarios). Solo algunas de las organizaciones se dedican a la investigación (6) y a la organización de festivales (5).
  Se observaron dos tipos de programas de residencias artístico-científicas: exploración artística en el campo de la tecnología y de los nuevos medios (articulan la colaboración entre artistas y profesionales pertenecientes al ámbito tecnológico y facilitan los equipos tecnológicos necesarios para la producción artística); y, co-creación y colaboración profesional entre artistas y profesionales de las ciencias naturales y sociales en laboratorios y espacios de investigación (laboratorios científicos; instalaciones propias de la organización convocante; las universidades).
- Modelos de financiación. Se ha encontrado que la mayoría de las organizaciones analizadas están registradas como organizaciones sin ánimo de lucro y reciben el apoyo de la siguientes entidades: sector público, sector privado, fundaciones, universidades, y/o por inscripciones y/o por aportaciones de particulares. En Europa, la mayoría de las organizaciones reciben ayuda de los programas de la Unión Europea o de los gobiernos locales y sus departamentos. Algunas cuentan con el apoyo de las universidades, las fundaciones y las empresas. En los Estados Unidos, la mayoría de las organizaciones reciben financiación de fundaciones privadas y empresas. Algunas tienen el apoyo del estado y de las organizaciones públicas y/o de las instituciones académicas. En Canadá, la mayoría del apoyo financiero lo proporcionan el estado y las organizaciones públicas. Una parte de la ayuda procede de las universidades. En Australia, la mayoría de las organizaciones están financiadas por el estado y las organizaciones públicas, una recibe ayuda de otra organización, otra está apoyada por las fundaciones y empresas, mientras que solo una organización de las analizadas cuenta con el apoyo de la universidad.

4. Análisis de modelos de interdependencia colaborativa arte-ciencia en el ámbito académico y descripción de los comportamientos asociados. Estudio de la producción de conocimiento, tácticas relacionales y mecanismos profesionales. Estudio de casos de modelos colaborativos construidos entre artistas y científicos.

La colaboración concebida como una acción que se realiza entre profesionales e individuos especializados en el ámbito académico-científico tiene sus raíces en la época posterior a la Segunda Guerra Mundial (Glänzel y Schubert, 2004; Groboljšek et al., 2014). Estudiando la forma en la que los profesionales de distintos ámbitos de conocimiento trabajan/estudian en la resolución de un mismo problema, se encontraron los siguientes aspectos relacionados con el funcionamiento del proceso colaborativo en el ámbito académico, importantes de destacar:

- Disciplinas. Los investigadores pueden realizar su trabajo en unidades conceptuales procedimentales separadas, o pueden realizar un único trabajo de manera compartida (Hara et al., 2003)
- Espacios de investigación. La colaboración se puede desarrollar geográficamente, entre instituciones locales, nacionales y/o internacionales; y, en el campo de la especialización, la colaboración se podía desarrollar entre instituciones que pertenecen al mismo ámbito disciplinario o uno distinto (Groboljšek et al., 2014)
- Estructura jerárquica. La organización y gestión del grupo colaborativo depende de la presencia o no de un líder (Shrum, Chompalov y Genuth, 2007)

Con respecto al estudio de los factores que influyen en el desarrollo de procesos colaborativos arte-ciencia, se distinguieron dos tipos: externos (recursos disponibles, apoyo financiero institucional procedente de fondos privados y públicos, apertura de los centros de investigación y gestión del equipo de colaboradores); e internos (motivación personal/profesional de los colaboradores, habilidades de comunicación, compatibilidades personales y liderazgo) (Groboljšek et al., 2014).

Tratando la investigación científica como un referente estético, conceptual y/o procedimental para la producción artística, se encontraron tres modalidades de posicionamiento del artista en relación con la ciencia: artista-observador (interpretación de la investigación científica de forma libre y subjetiva, sin adquisición de los conocimientos ni de las técnicas científicas); artista-participante (colaboración con expertos de distintos ámbitos de conocimiento científico-tecnológico, con aprendizaje sobre los contenidos y las técnicas científicas); y artista-científico (autonomía en el uso de materiales, herramientas y procedimientos de la ciencia en el desarrollo de proyectos artísticos).

Con respecto a los posibles beneficios de la interacción arte-ciencia, se propusieron dos formatos de relaciones simbióticas entre los artistas y los científicos: comensalismo (uno de los profesionales implicados se beneficia de la interacción y no ofrece conocimientos ni metodologías a cambio); y mutualismo (todos los implicados en el trabajo artístico-científico común se benefician mutuamente del proceso cognitivo y del enseñanza-aprendizaje).

En la tesis se realizaron diez estudios de casos de colaboraciones entre artistas y científicos según tres etapas constructivas: etapa introductoria (establecimiento del contacto por uno

de los colaboradores o por una organización que facilita este tipo de colaboraciones arte-ciencia); etapa del desarrollo (proceso colaborativo, intercambio y enseñanza-aprendizaje); y etapa conclusiva (ejecución y finalización del proyecto).

La interacción entre el conocimiento y la cultura propias del arte y de la ciencia ofrece a científicos y a artistas la posibilidad de percibir y tratar problemas complejos considerando puntos de vista diferentes, contribuyendo así a la innovación y al desarrollo. La comunicación entre los artistas y los científicos aporta beneficios a ambas partes, no solo a nivel profesional general, sino también a nivel personal a cada uno de los individuos implicados. En esta tesis se considera fundamental dar a conocer las muchas posibilidades que ofrece este intercambio y evitar el desconocimiento mutuo (Schnugg, 2019).

La información recopilada en esta tesis tiene como objeto acercar entre sí estos dos ámbitos de la actividad humana y destacar las ventajas de su interacción. Confiamos que los datos primarios y secundarios utilizados y los estudios de casos analizados puedan ayudar a profesionales e investigadores interesados en el tema. Considero que es un tema de actualidad que se puede desarrollar desde otros puntos de vista, y fomentar el deseo de realizar trabajos colaborativos, no solo entre artistas y científicos, sino también entre individuos de otros ámbitos profesionales.

REFERENCIAS CONSULTADAS

Libros

Arnheim, R. (1969). *Visual thinking*. Berkeley : University of California Press.

Atkins, A. (1843). *Photographs of British Algae: Cyanotype Impressions*. Vol. 1. Halstead Place, Sevenoaks: Anna Atkins.

Barasch, M. (2000). *Theories of art 3. From Impressionism to Kandinsky*. New York: Routledge edition.

Barth, C.D. (2011). *Convergence of libraries and technology organizations: New information support models*. Oxford: Chandos.

Baumeister, W., Skrypzak, M.J. & Hoffmann, T. (1947). *The Unknown in Art*. Stuttgart: Willi Baumeister Stiftung.

Baumgartner, M., Bø-Rygg, A., Hoppe-Sailer, R. & Klee, P. (2008). *In Paul Klee´s Enchanted Garden*. Bergen Art Museum, Henie Onstad Art Centre, Zentrum Paul Klee. Bern: Hatje Cantz.

Baumgartner, M., Keller, M., Bergen kunstmuseum., Henie-Onstad Kunstsenter & Zentrum Paul Klee. (2008). *In Paul Klee's enchanted garden*. Ostfildern: Hatje Cantz.

Blossfeldt, K. (1928). *Urformen der Kunst. Photographische Pflanzenbilder*. Berlin: Ernst Wasmuth Verlag.

Blossfeldt, K. (1932). *Wundergarten der Natur. Neue Bilddokumente schöner Pflanzenformen*. Berlin: Verlag für Kunst und Wissenschaft.

Brakhage, S. & Sitney, P.A. (1963). *Metaphors on Vision*. New York: Film Culture.

Braun, E. (1996). *Caos, fractales y cosas raras*. México: Fondo de Cultura Económica.

Briggs, J. (1992). *Fractals, The patterns of Chaos. Discovering a New Aesthetic of Art, Science and Nature*. London: Thames and Hudson.

Brockman, J. (1995). *Third Culture: Beyond the Scientific Revolution*. New York: Simon and Schuster.

Bunge, M. (2001). *La ciencia : Su método y su filosofía*. (4ª ed.) Buenos Aires: Sudamericana

Burnett, D. (1979). *A tribute to Paul Klee*. Ottawa: National Gallery of Canada.

Castro, S.J. & Marcos, A. (Eds.) (2010). *Arte y Ciencia: Mundos Convergentes*. Madrid: Plaza y Valdés Editores.

Connolly, P., Cox-White, B., Keller, D.R. & Leever M.G. (2009). *Ethics in action: A case based approach*. West Sussex: Wiley-Blackwell.

Crowther, P. & Wünsche, I. (2012). *Meanings of Abstract Art. Between Nature and Theory*. New York: Routledge.

Epstein, D.J. (2019). *Range: Why generalists triumph in a specialized world*. New York: Riverhead Books.

Ewey, J. (1934). *Art as Experience*. New York: Berkley Publishing Group.

Fuller, R.B. (1968). *Operating Manual for Spaceship Earth*. New York: Simon and Schuster.

Gaff, J.G., & Ratcliff, J.L. (1997). *Handbook of the undergraduate curriculum: A comprehensive guide to purposes, structures, practices, and change*. San Francisco: Jossey-Bass Publishers.

Ghillean Tolmie P. & Sandved B.K. (1985). *Leaves. The formation, characteristics and uses of hundreds of leaves found in all parts of the world*. New York: Random House Value Publishing.

Gibbons, M., Limoges, C., Nowotny, H., Schwartzman, S., Scott, P., & Trow, M. (1994). *The new production of knowledge: The dynamics of science and research in contemporary societies*. Thousand Oaks: Sage Publications, Inc.

Gombrich, E.H. (1966). *The story of art*. New York: Phaidon Publishers.

Gray, C. & Malins, J. (1993). *Research procedures/methodology for artists & designers*. Aberdeen: Robert Gordon University.

Gribble, R. & Simmons, D. (2016). *The Trees Inside of Our Brain.* New York: SciArt Center.

Guasch, A.M. (2009). *El Arte del Siglo XX en sus exposiciones. 1945-2007*. (2º de.) Barcelona: Ediciones de Serbal.

Haeckel, E. (1904). *Kunstformen von der Natur*. Leipzig und Wien: Verlag des Bibliographischen Instituts.

Hartwig, M. (2007). *Dictionary of critical realism*. London: Routledge.

Hooke, R. (1665). *Micrographia: or Some Physiological Descriptions of Minute Bodies Made by Magnifying Glasses. With Observations and Inquiries Thereupon*. London: J. Martyn and J. Allestry.

Kandinsky, W. (1926). *Point and Line to Plane*. New York: Solomon R. Guggenheim Foundation.

Klee, P. & Read, H. (1966). *On Modern Art*. London: Faber and Faber Ltd.
Klee, P., Glaesemer, J., & Paul Klee-Stiftung. (1979). *Beiträge zur bildnerischen Formlehre: Faksimilierte Ausgabe des Originalmanuskripts von Paul Klees erstem Vortragszyklus am staatlichen Bauhaus Weimar 1921/22*. Basel: Schwabe.
Klee, P., & Spiller, J. (1956). *Das bildnerische Denken. Schriften zur Form- und Gestaltungslehre herausgegeben und bearbeitet von Jürg Spiller*. Basel: Schwabe.
Klee, P. & Spiller, J. (1973). *Paul Klee notebooks, volume 2: The Nature of Nature*. London: Lund Humphries.
Korsyn, K.E. (2003). *Decentering Music: A Critique of Contemporary Musical Research.* Oxford: Oxford University Press.
Kuhn, T.S. (1977). *The Essential Tension. Selected Studies in Scientific Tradition and Change*. Chicago: University of Chicago Press.
Labonnefon, C.-H. De (1923). *Croquis entomologiques.* Paris: Maison de la Bonne presse.
Lévi-Strauss, C. (1962). *The Savage Mind*. Letchworth, Hertfordshire: The Garden City Press Limited.
Miller, A. (2001). *Einstein, Picasso: Space, Time, and the Beauty That Causes Havoc*. New York: Basic Books.
Morin, E. (2005). *Introducción al pensamiento complejo*. Barcelona: Gedisa
Mowitt, J. (1992). *Text: The Genealogy of an Antidisciplinary Object*. Durham, North Carolina: Duke University Press.
Osborn, A.F. (1963). *Applied imagination; principles and procedures of creative problem-solving*. New York: Scribner.
Prusinkiewicz, P. & Lindenmayer A. (1990). *The Agorithmic Beauty of Plants*. New York: Springer Verlag.
Read, H. (1965). *Origenes de la forma en el arte*. Buenos Aires: Proyección.
Rubello, D. (1984). *Reflection and Form*. Michigan: Sandpiper Press.
Rutsky, R. (1999). *High Techne: Art and Technology from the Machine Aesthetic to the Posthuman*. Minneapolis: University of Minnesota Press.
National Academy of Sciences, National Academy of Engineering, Institute of Medicine (2005). *Facilitating Interdisciplinary Research*. Washington D.C.: National Academy of Sciences.
Schnugg, C. (2019). *Creating ArtScience Collaboration. Bringing Value to Organizations*. Cham: Palgrave Macmillan.
Scott, J. & Stoeckli, E. (Eds.) (2012). *NEUROMEDIA: Art and neuroscience research*. (2012). Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag.
Shiffman, D. (2012). *The Nature of Code: Simulating Natural Systems with Processing*. New York: The Nature of Code.
Shrum, W., Genuth, J. & Chompalov, I. (2007). *Structures of scientific collaboration*. Cambridge, MA: MIT Press.
Silvestre, F. L. (2012). *Micrologías o Historia Breve de Artes Mínimas*. Madrid: Abada Editores.
Snow, C. P. & Collini, S. (1993). *The two cultures*. Cambridge: Cambridge University Press.
Snow, C.P. (1959). *The Two Cultures and the Scientific Revolution*. New York: Cambridge University Press.
Ursyn, A. (2012). *Biologically-Inspired Computing for the Arts: Scientific Data through Graphics*. Hershey, PA: IGI Global.
Wagensberg, J. (1985). *Ideas sobre la complejidad del mundo*. Barcelona: Tusquets Editores.
Wagensberg, J. (2004). *La rebelión de las formas.* Barcelona: Tusquets Editores.
Weyl, H. (1952). *Symmetry*. New Jersey: Princeton University Press.
Wilson, E.O. (1998). *Conciliense: The Unity of Knowledge*. New York: Vintage Books, A division of random house.
Wolberg, L.R. (1970). *Micro-Art; Art Images in a Hidden World*. New York: Harry N. Abrams.

Capítulos de libros

Blassnig, M. (2011). Intuition and Imagination at the Convergence of Art and Science. Clues from the past. En: Kluszczynski, R.W & Zawistowska-Toczek, D. (Eds.) *Towards the Third Culture: The Co-Existence of Art, Science, and Technology*. (pp. 66-77). Art+Science Meeting. Gdansk: Art Line & Laznia CCA.
Bustos Guadaño, E. de (2010). La metáfora en la Ciencia y en el Arte. En: Castro, S.J. & Marcos, A. (Eds.) *Arte y Ciencia: Mundos Convergentes*. (pp. 249-272). Madrid: Plaza y Valdés Editores.

Castro, S.J. (2010). La nueva disputa de las facultades. En: Castro, S.J. y Marcos, A. (Eds.) *Arte y Ciencia: Mundos Convergentes*. (pp. 49-76). Madrid: Plaza y Valdés Editores.

Catts, O, & Zurr, I. (2012). Crude Life: the Tissue Culture & Art Projects Retrospective. En: Zawistowska-Toczek, D., Anessi, T. & Moran, M. (Eds.) *Crude Life. The Tissue Culture & Art Projects. Oron Catts + Ionat Zur.* (pp. 92-151) Art+Science Meeting. Gdansk: Laznia CCA.

Clark, J. (2013). Patenting Art and Nature. En: *Hubert Duprat. Retrospective Exhibition*. (pp. 128-137). Museum of Old and New Art (MONA), Hobart: Toppan Printing Co.

Collen, A. (2002). Disciplinarity in the Pursuit of Knowledge. En: G. Minati and E. Pessa (Eds.) *Emergence in Complex, Cognitive, Social, and Biological Systems*. (pp.285-296). New York: Springer Science+Business Media.

Collini, S. (1993). Introduction. En: Snow, C.P. *The Two Cultures* (1959), (pp. VII-LXXIV). New York: Cambridge University Press.

De Felipe, Javier (2005). Cajal y sus dibujos: ciencia y arte. En: Martín Araguz, A. (Ed.) *Arte y Neurología*. (pp. 213-230). Madrid: Editorial Saned.

Di Gregori, M.C. & Pérez Ronsanz, A.R. (2010). Las emociones en la ciencia y en el arte. En: Castro, S.J. & Marcos, A. (Eds.) *Arte y Ciencia: Mundos Convergentes*. (pp. 273-307). Madrid: Plaza y Valdés Editores.

Donato Rodríguez, X. de (2010). Cuatro visiones acerca de la relación entre Ciencia y Arte. En: Castro, S.J. & Marcos, A. (Eds.) *Arte y Ciencia: Mundos Convergentes*. (pp. 99-128). Madrid: Plaza y Valdés Editores.

Elias, W. (2008). Reflection on Art and Science: Creative Fusion. En: Elias, W., Friederichs, T., Krpan J., Peljhan M., Puncer M. *Art&Science. Creative Fusion*. (pp. 7-8). Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities.

Endicott Barnett, V. (1985). Kandinsky and Science: the Introduction of Biological Images in the Paris Period. En: Fuerstein, C. (Ed.) *Kandinsky in Paris: 1934–1944*. (pp.61-87). New York: The Solomon R. Guggenheim Foundation.

Fleischmann, M. & Strauss, W. (2011). Between Zero and One. Data Performers Between Art and Science. En:Kluszczynski, R.W & Zawistowska-Toczek, D. (Ed.) *Towards the Third Culture: The Co-Existence of Art, Science, and Technology.* (pp. 54-64). Art+Science Meeting. Gdansk: Laznia CCA.

Glänzel, W. & Schubert, A. (2004). Analysing Scientific Networks through co-authorship. En: Moed, F. H. et al. (Eds.) *Handbook of Quantitative Science and Technology Research. The Use of Publication and Patent Statistics in Studies of S&T Systems*. (pp. 257-276). Dordrecht, Boston, London: Kluwer Academic Publishers.

Hessels, S. (2012). Sustainable Cinema: The Moving Image and the Forces of Nature. En: Ursyn, A. (Ed.) *Biologically-Inspired Computing for the Arts: Scientific Data through Graphics*. (pp. 90-104). New York: IGI Global.

Hudson, K., Ben-Ary, G., Lawson, M. & Hodgetts, S. (2013). The Dynamics of Collaborative Resistance: Negotiating the methodological incongruities of art, cultural theory, science and design. In: Cleland, K., Fisher, L. & Harley, R. (Eds.) *Proceedings of the 19th International Symposium of Electronic Art*, ISEA2013. (pp.1-4). Sydney: ISEA International. Recuperado de: http://hdl.handle.net/2123/9642. (Consultado el 07.08.2019)

Huhtamo, E. (2012). The Art of Interactive Integration. En: Kluszczynski, R.W., Zawistowska-Toczek, D. & Anessi, T. (Eds.) *Wonderful Life. Laurent Mignonneau + Christa Sommerer*. (pp. 11-22). Art+Science Meeting. Gdansk: Laznia CCA.

Klein, B.A. (2007). Insects and Humans: a Relationship Recorded in Visual Art. En: Bekoff, M. (Ed.) *Encyclopedia of Human-Animal Relationships.* (pp. 1-8, Vol. 1). Portsmouth, NH: Greenwood. Recuperado de: https://www.academia.edu/2434880/Insects_and_humans_a_relationship_recorded_in_visual_art. (Consultado el 06.11.2018)

Kluszczynski, R.W. (2011). art@science. About Relations between Art and Science. En: Kluszczynski, R.W & Zawistowska-Toczek, D. (Eds.) *Towards the Third Culture: The Co-Existence of Art, Science, and Technology*. (pp. 32-42). Art+Science Meeting. Gdansk: Laznia CCA.

Kluszczynski, R. W. (2011). *Introduction*. En: Kluszczynski, R.W & Zawistowska-Toczek, D. (Eds.) *Towards the Third Culture: The Co-Existence of Art, Science, and Technology*. (pp. 6-13). Art+Science Meeting. Gdanks: Laznia CCA.

Kluszczyński, R.W. (2012). *Introduction*. En: Zawistowska-Toczek, D., Anessi, T. & Moran, M. (Eds.) *Crude Life. The Tissue Culture & Art Projects. Oron Catts + Ionat Zur.* (pp. 7-15). Art+Science Meeting. Gdansk: Laznia CCA.

Kluszczyński, R.W. (2012). The Aesthetics of Reason and Care. En: Zawistowska-Toczek, D., Anessi, T. & Moran, M. (Eds.) *Crude Life. The Tissue Culture & Art Projects. Oron Catts + Ionat Zur.* (pp. 72-91). Art+Science Meeting. Gdansk: Laznia CCA.

Langill C.S. & Muller L. (2016). Curating Lively Objects: Post-disciplinary Affordances for Media Art Exhibition. En: England D., Schiphorst T. & Bryan-Kinns N. (eds.) *Curating the Digital. Springer Series on Cultural Computing. (*pp. 31-50). Cham: Springer International Publishing.

Malina, R. F. (2011). Third Culture? From the Arts to the Sciences and Back Again. En: Kluszczynski, R.W & Zawistowska-Toczek, D. (Eds.) *Towards the Third Culture: The Co-Existence of Art, Science, and Technology*. (pp. 22-30). Art+Science Meeting. Gdansk: Laznia CCA.

Murray, J. (1988). Religion, Reality, and Relativity: the Scientific Tradition in Art. En: Calhnun, D. & Cegielski, C. (Eds.) *Britannica yearbook of science and the future 1989*. (pp.8-29). London: Encyclopaedia Britannica.

Orchard, K. (1994). (Un)ordnung Schaffen. En: Orchard, K., Zimmermann, J., Sprengel Museum Hannover., Badischer Kunstverein., & Salzburger Landessammlungen Rupertinum. (1994). *Die Erfindung der Natur: Max Ernst, Paul Klee, Wols und das surreale Universum*. (pp. 9-15). Freiburg im Breisgau: Rombach.

Ozóg, M. (2012). Life in a Post-biological World. The Methodology and Praxis of Artificial Life in the Works of Christa Sommerer and Laurent Mignonneau. En: Kluszczynski, R.W., Zawistowska-Toczek, D. & Anessi, T. (Eds.) *Wonderful Life. Laurent Mignonneau + Christa Sommerer*. (pp. 24-57). Art+Science Meeting. Gdansk: Laznia CCA.

Potočnik, J. (2008). Introduction. En: Elias, W., Friederichs, T., Krpan J., Peljhan M. & Puncer M. *Art&Science. Creative Fusion*. (pp.5). Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities.

Root-Bernstein, R. (2019). Art/Science. En: Runco, M.A. & Pritzker, S.R. (Eds.) *Encyclopedia of Creativity*. (pp. 69-75, 3rd edition). Cambridge, MA: Academic Press.

Root-Bernstein, R.S. & Root-Bernstein, M.M. (2004). Artistic Scientists and Scientific Artists: The Link between Polymathy and Creativity. En: Sternberg, R.J., Grigorenko, E.L. & Singer, J.L. (Eds.) *Creativity: From Potential to Realization*. (pp. 127-151). Washington, DC: American Psychological Association.

Roth, I. (2007). Introduction. En: Roth, I. (Ed.) *Imaginative minds*. (pp. Xix-xxxvi). Oxford, New York: Oxford University Press.

Scott, J. (2006). Suggested Transdisciplinary Discourses for More Art_Sci Collaborations. En Scott, J. *Artists-in-Labs: Processes of Inquiry*. (pp. 24-35). Vienna: Springer.

Shanken, E.A. (2006). Artists in Industry and the Academy: Collaborative Research, Interdisciplinary Scholarship, and the Interpretation of Hybrid Forms. En: Scott, J. (Ed.) *Artists-in-Labs: Processes of Inquiry*. (pp. 8-14). Vienna: Springer.

Sommerer, C. & Mignonneau, L. (2012). Wonderful Life: Interactive Art by Sommerer & Mignonneau. En: Kluszczynski, R.W., Zawistowska-Toczek, D. & Anessi, T. (Eds.) *Wonderful Life. Laurent Mignonneau + Christa Sommerer*. (pp. 134-163). Art+Science Meeting. Gdansk: Laznia CCA.

Tan, O.-S., Teo, C.-T., & Chye, S. (2009). Problems and Creativity. En: Tan, O-S. (Ed.) *Problem-based Learning and Creativity*. (pp. 1-13). Singapore: Cengage Learning Asia Pte.

Toharia, M. (2010). El arte de investigar. En: Castro, S.J. & Marcos, A. (Eds.) *Arte y Ciencia: Mundos Convergentes*. (pp.325-332). Madrid: Plaza y Valdés Editores.

Vesna, V. (2011). Science Labs as Artist Studios. En: Kluszczynski, R.W. & Zawistowska-Toczek, D. (Eds.) *Towards the Third Culture: The Co-Existence of Art, Science, and Technology*. (pp. 14-21). Art+Science Meeting. Gdansk: Laznia CCA.

Artículos

Alcopley, L. (1987). On Knowledge in Art and Science. *Leonardo*, *20*(3), pp. 213-215. Recuperado de: http://www.jstor.org/stable/1578161. (Consultado el 07.02.2018)

Amaro, J.P. (2015). Una aproximación a la belleza de la Histología. *Dendra médica, revista de humanidades*, *14*(2), pp. 176-187. Recuperado de: http://www.dendramedica.es/revista/v14n2/3_Aproximacion_a_la_belleza_de_la_Histologia.pdf. (Consultado el 20.05.2019)

Anker, S. & Nelkin, D. (2002). The influence of genetics on contemporary art. *Nature Reviews Genetics, Vol. 3*, pp.967-971.

Anker, S. (2015). Petri(e)`s Panoply. *Naturally Hypernatural, Antennae, The Journal of Nature in Visual Culture, Issue 34*, pp. 5-16. Recuperado de: http://www.suzanneanker.com/wp-content/uploads/ANTENNAE-ISSUE-34.pdf. (Consultado el 09.01.2019)

Anker S. & Frazzetto G. (2009). Neuroculture. *Nature Reviews Neuroscience. Vol.10*, pp. 815-821.

Ashley-Smith, J. (2000). Science and Art: Separated by a Common Language? *Conservation Journal, Issue 36*. Recuperado de: http://www.vam.ac.uk/content/journals/conservation-journal/issue-36/science-and-art-separated-by-a-common-language/. (Consultado el 05.02.2019)

Ballestriero, R. (2009). Anatomical models and wax Venuses: art masterpieces or scientific craft works? *Journal of Anatomy*, *Vol. 216*(2), pp. 223–234. doi: 10.1111/j.1469-7580.2009.01169.x

Ben-Ari, E.T. (1999). Better than a thousand words: Botanical artists blend science and aesthetics. *BioScience*, *Vol. 49*, Issue 8, pp. 602–608, https://doi.org/10.2307/1313435

Van den Besselaar, P. & Heimeriks, G. (2001). Disciplinary, multidisciplinary, interdisciplinary-concepts and indicators. En: Lewison, G. (Presidencia), *International Society for Scientometrics and Informetrics. 8th Conference on Scientometrics and Informetrics*. (pp. 705-716). Sydney: ISSI.

Blanchard-Fields, F. (2007). Everyday Problem Solving and Emotion: An Adult Developmental Perspective. *Current Directions in Psychological Science, 16*(1), pp. 26-31. Recuperado de: http://www.jstor.org/stable/20183153. (Consultado el 16.10.2019)

Brachet, J. (1961). The Living Cell. *Scientifis American, Vol. 205*, Nº 3, pp. 51-61.

Broome, J.L., Marshall, J., Smilan, C., Jung, Y., Eudy, V., Ingalls Vanada, D., Rowson Love & A., Villeneuve, P. (2017). Essays on Systems Thinking: Applications for Art Education. *The Journal of Art for Life*, *Vol. 9*(3), pp. 1–29. Recuperado de: journals.fcla.edu/jafl/article/view/88528/101399. (Consultado el 04.02.2020)

Brown Carlton, S. (1995). Composition as a postdisciplinary formation. *Rhetoric Review, Vol.14*, Nº 1, pp. 78-87. DOI:10.1080/07350199509389053

Burgin, V. (2006). Thoughts on "research" degrees in visual arts departments. *Journal of Media Practice 7*, Nº 2, pp. 101-108.

Büscher, M. & Cruickshank, L. (2008). Designing Cultures: Post-Disciplinary Practices. En: Malins, J. (Ed.) *Proceedings*, *8th European Academy of Design Conference*. (pp. 1-5). Aberdeen: The Robert Gordon University. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/259576511_Designing_Cultures_Post-Disciplinary_Practices. (Consultado el 18.03.2020)

Campos Muñoz, D. (2011). Introducción a los sistemas de Lindenmayer: fractales, autómatas celulares y aplicaciones. En: McIntosh H.V. (Presidencia), *Veranos de la Investigación. XXI Verano de la Investigación Científica*. (pp. 1-14). Puebla: Universidad Autónoma de Puebla.

Cobb, A., Forcucci, L., Forster, D., Lee, C., Mayeri, R., Muñoz-Matutano, G., Nichols, K., Schaffer, K. & Sikelianos, E. (2016). Scientific Delirium Madness 2.0: Gallery. *Leonardo, Vol.49*, Nº 3, pp. 194-202. https://doi.org/10.1162/LEON_a_01240

Cornock, S. (1983). Towards a Methodology for Students of Fine Art. *Journal of Art & Design Education, 2(1)*, pp. 81–99. doi:10.1111/j.1476-8070.1983.tb00021.x

Cornock, S. (1984). Learning Strategies in Fine Art. *Journal of Art & Design Education, 3(2)*, pp. 141-159. doi:10.1111/j.1476-8070.1984.tb00111.x

Crombie, A. (1986). Experimental Science and the Rational Artist in Early Modern Europe. *Daedalus, 115(3)*, pp. 49-74. Recuperado de: www.jstor.org/stable/20025061 (Consultado el 18.05.2020)

Dalmau J., Górriz L. (2013). La Problemática Interdisciplinar en las Artes. ¿Son Disciplinas los Distintos Modos de Hacer? *On the Waterfront. Interdisciplinarity in Urban Desing and Public Art. Vol. 27*, pp. 48-58. Universidad de Barcelona.

Darbellay, F. (2016). From Disciplinarity to Postdisciplinarity: Tourism Studies Dedisciplined. *Tourism Analysis, Vol. 21*, Nº 4, pp. 363-372(10). doi:10.3727/108354216X14600320851659

Davies, H. (2017). Australia´s ArtSci Support Netwroks. *International Journal of Cultural and Creative Industries. Vol. 4*, Issue 3. pp.78-86.

De Benoist, A. (2002). A Brief History of the Idea of Progress. *The Occidental Quarterly, Vol. 8*, Nº 1, pp. 7-16. Recuperado de: https://www.toqonline.com/archives/v8n1/TOQv8n1Benoist.pdf (Consultado el 12.07.2019)

Duprat, H. & Besson, C. (1998). The Wonderful Caddis Worm: Sculptural Work in Collaboration with Trichoptera. *Leonardo, 31*(3), pp. 173-177. doi:10.2307/1576566

Economou, A.D., Ohazama, A., Porntaveetus, T., Sharpe, P.T., Kondo, S., Basson, M.A., Gritli-Linde, A., … & Green, J.B. (2012). Periodic stripe formation by a Turing mechanism operating at growth zones in the mammalian palate. *Nature genetics, Vol. 44, N*º3. pp. 348-51. doi:10.1038/ng.1090

Engel, A. & Onrubia, J. (2013). Estrategias discursivas para la construcción colaborativa del conocimiento en entornos virtuales de aprendizaje. *Cultura y Educación 25*(1). pp. 77-94. doi:10.1174/113564013806309082

Engler, G. (1994). From Art and Science to Perception: The Role of Aesthetics. *Leonardo, 27*(3), pp. 207-209. doi:10.2307/1576053

Ferrando, I. & Segura, C. (2010). La sucesión de Fibonacci como herramienta para modelizar la naturaleza. *Modelling in Science Education and Learning, Vol. 3*, Nº 5, pp. 45-54, Instituto Universitario de Matemática Pura y Aplicada, Universitat Politècnica de València.

Fiorini G., Maekawa L. & Stiberc P. (2008). Save the Plants: Conservation of Brendel Anatomical Botany Models. En: Hinz, J. & Baker W. (Eds.) *The Book and Paper Annual, Vol. 27. AIC 36th Annual Meeting*. (pp. 35-45). Washington, D.C.: AIC

Flannery, M.C. (1998). Images of the Cell in Twenieth-Century Art and Science. *Leonardo, Vol. 31*, No.3, pp. 195-204.

Flannery, M.C. (1999). The Conservation Aesthetic and the Microscopic Aesthetic. *BioScience, Vol. 49*, Nº 10, pp. 801-808, American Institute of Biological Sciences. Recuperado de: http://www.jstor.org/stable/1313571?origin=JSTOR-pdf. (Consultado el 21.05.2019)

Gamwell, L. (2003). Beyond the Visible- Microscopy, Nature, and Art. *Science, Vol. 299*, Issue 5603, pp. 49-50. doi:10.1126/science.1077971

Gardner, H. (1971). Problem-Solving in the Arts and Sciences. *Journal of Aesthetic Education, 5*(1), pp. 93-113. doi:10.2307/3331579

Garfield, E. (1989). Art and Science. Part I. The Art-Science Connection. *Essays of an Information Scientist: Creativity, Delayed Recognition, and other Essays, Vol. 12*, pp. 54-61, Current Contents # 8.

Garfield, E. (1989). Art and Science. Part II. Science for Art´s Sake. *Essays of an Information Scientist: Creativity, Delayed Recognition, and other Essays, Vol. 12,* pp. 62-67. Current Contents #9.

Groboljšek, B., Ferligoj, A., Mali, F., Kronegger, L. & Iglič, H. (2014). The Role and Significance of Scientific Collaboration for the New Emerging Sciences: the Case of Slovenia. En *Teorija in Praksa*, *let. 51*, pp. 866-885.

Jessop, B. & Sum, N.L. (2001). Pre-disciplinary and post-disciplinary perspectives. *New Political Economy, 6*, pp. 89-101. doi: 10.1080/13563460020027777

Hara, N., Solomon, P., Kim, S.L., & Sonnenwald, D.H. (2003). An emerging view of scientific collaboration: Scientists' perspectives on collaboration and factors that impact collaboration. *Journal of the American Society for Information Science and Technology, Vol. 54*, pp. 952-965.

Hemmings, J. (2006). Kazuhito Takadoi: Organic Patterns. *Fiber Arts Magazine*, Summer 2006. pp. 37-39. Recuperado de: https://www.jessicahemmings.com/kazuhito-takadoi-organic-patterns/ (Consultado el 15.02.2018)

Hesse-Honegger, C. & Wallimann, P. (2008). Malformation of True Bug (Heteroptera): a Phenotype Field Study on the Possible Influence of Artificial Low-Level Radioactivity. *Chemistry & Biodiversity, Vol. 5,* Issue 4, pp. 499-539. doi:10.1002/cbdv.200800001

Hindle, B. (1986). From Art to Technology and Science. *Proceedings of American Antiquarian Society*, *Vol. 96*, Issue 1, pp.25-37.

Hirsch, F. (2010). In the Studio. Roland Flexner. *Art in America*, September 2010, pp. 78-83.

Irzik, G. (2013). Introduction: Commercialization of Academic Science and a New Agenda for Science Education. *Science & Education*, *Vol. 22*, Nº 10, pp. 2375-2384. doi:10.1007/s11191-013-9583-8

Kaplan, K. (2012). Turning Point. Martin Oeggerli. *Nature, Vol. 487*, pp. 131. Recuperado de: https://www.nature.com/articles/nj7405-131a.pdf (Consultado el 03.02.2017)

Kaufman, J.C. & Beghetto, R.A. (2009). Beyond Big and Little: The Four C Model of Creativity. *Review of General Psychology Vol. 13,* Nº 1, pp. 1–12, American Psychological Association.

Kepes, G. (1965). The Visual Arts and Sciences: A Proposal for Collaboration. *Daedalus, 94*(1), pp. 117-134. Recuperado de: http://www.jstor.org/stable/20026898. (Consultado el 28.11.2018)

Kim, B. & Bastani, R. (2017). Students as Game Designers: Transdisciplinary Approach to STEAM Education. *ASEJ, Vol. 45*, Nº 1, pp. 45-52. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/325430371_Students_as_Game_Designers_Transdisciplinary_Approach_to_STEAM_Education. (Consultado el 12.06.2019)

Klein, J. (2011). Was ist künstlerische Forschung? *kunsttexte.de/Auditive Perspektiven*, *Nr. 2*, pp. 1-5. Recuperado de: https://edoc.hu-berlin.de/bitstream/handle/18452/7501/klein.pdf?sequence=1&isAllowed=y. (Consultado el 10.12.2017)

Knight, M.H. (2015). Scientific Delirium Madness. *Leonardo, Vol. 48*, Nº 3, pp. 219-225. doi:10.1162/LEON_e_01023

Koek, A. (2017). In/visible: the inside story of the making of Arts at CERN. *Interdisciplinary Science Reviews, Vol. 42* (4), pp. 345-358. doi:10.1080/03080188.2017.1381225

Korn, R.W. (2008). Phyllotaxis: Theories and Evaluation. *Intenrationa Journal of Plant Developemental Biology 2*(1), pp. 1-12.

Laporte, P. (1988). Cubism and Relativity with a Letter of Albert Einstein. *Leonardo, 21*(3), pp. 313-315. doi:10.2307/1578661

Lawrence, R.J. (2010.) Deciphering Interdisciplinary and Transdisciplinary Contributions. *Transdisciplinary Journal of Engineering & Science*, *Vol. 1*, Nº 1, pp.125-130.

Levy, E. (1996). Contemporary Art and the Genetic Code: New Models and Methods of Representation. *Art Journal, Vol. 55*(1), pp. 20-24. doi:10.2307/777802

Lévy-Leblond, J.-M. (2004). Science and the world, art and the ego. *RTD Info. Magazine for European Research*. Special Edition: Art&Science, pp. 5-7.

Loechel, W. E. (1960). The history of medical illustration. *Bulletin of the Medical Library Association*, *Vol. 48*(2), pp. 168-71.

Mateo-Garcia, M. (2016). ´The Hive´: una experiencia multisensorial que integra arte, ciencia y paisajismo. *AFL - Arquitectura en Fachadas Ligeras y Ventanas*, *Nº2*, pp. 42-50. Recuperado de: https://www.interempresas.net/Flipbooks/AF/27/# (Consultado el 20.05.2020)

Mazzotti, G., Falconi, M., Teti, G., Zago, M., Lanari, M. & Manzoli, F. (2009). The diagnosis of the cause of the death of Venerina. *Journal of Anatomy*, *Vol. 216*(2), pp. 271–274. doi:10.1111/j.1469-7580.2009.01151.x

McClure, T.S. & Siege J.A. (2015). Neuroaesthetics: An Introduction to Visual Art. *Impulse: The Premier Undergraduate Neuroscience Journal*, pp. 1-7. Recuperado de: https://impulse.appstate.edu/sites/impulse.appstate.edu/files/McClure%20and%20Siegel_0.pdf (Consultado el 28.05.2020)

Moore, D., Ben-Ary, G., Fitch, A., Thompson, N., Bakkum, D., Hodgetts, S. & Morris, A. (2016). CellF: a neuron-driven music synthesizer for real-time performance. *International Journal of Performance Arts and Digital Media, 12:1*, pp. 31-43, doi: 10.1080/14794713.2016.1161954

Moralejo Álvarez, R. (2012). El Atlas Anatómico de la Facultad de Medicina de la Universidad de Zaragoza. La recuperación de una pieza importante del patrimonio histórico universitario. En: *Pecia Complutense: Boletín de la Biblioteca Histórica "Marqués de Valdecilla", Año 9*, Num. 16, pp. 89-95.

Moravcsik, M. (1974). Scientists and Artists: Motivations, Aspirations, Approaches and Accomplishments. *Leonardo, 7*(3), pp. 255-259. doi:10.2307/1572903

Morin, E. (1997). Sobre la Interdisciplinariedad. *Publicaciones ICESI, Nº 62*, pp.9-15. Universidad Icesi, Cali, Colombia. Recuperado de: http://repository.icesi.edu.co/biblioteca_digital/bitstream/10906/2562/1/ Sobre_interdisciplinariedad.pdf. (Consultado el 16.03.2017)

Muller, L. (2015). The Return of the Wonderful: Monanisms and the undisciplined objects of media art. *Studies in Material Thinking, Vol. 12*, Paper 03, pp. 3-18. Auckland University of Technology, New Zealand. Recuperado de https://www.materialthinking.org/papers/185. (Consultado el 16.10.2018)

Mulrooney Eldred, S. (2016). Art–science collaborations: Change of perspective. *Nature, Vol. 537*, pp. 125–126. Recuperado de: https://www.nature.com/naturejobs/2016/160901/pdf/nj7618-125a.pdf. (Consultado el 17.04.2018)

Muñoz Flores, V. & Medina, E. (2013). La Comercialización de Artesanías, Piezas de Arte y Patrimonio Cultural en México. *Daena: International Journal of Good Conscience*, *8*(1), pp. 44-54.

Recuperado de: http://www.spentamexico.org/v8-n1/A5.8(1)44-54.pdf. (Consultado el 21.02.2020)

Murata, H. (2014). Material Forms in Nature: The Photographs of Karl Blossfeldt. En: Mitra A., Lee A.D, and Morris Hambourg, M. (Eds.) *Object:Photo. Modern Photographs: The Thomas Walther Collection 1909–1949*. An Online Project of The Museum of Modern Art. pp. 1-13. New York: The Museum of Modern Art. Recuperado de: http://www.moma.org /interactives/objectphoto/assets/essays/Murata.pdf. (Consultado el 16.07.2017)

Newell, W.H. (2001). A Theory of Interdisciplinary Studies. *Issues in Integrative Studies*, Nº 19, pp. 1-25.

Nieto Amada, J.L. (2014). El Álbum Anatómico de Santiago Ramón y Cajal. En: Dovale Borjas, A. (Presidencia). *Morfovirtual 2014*. *El 2. Congreso Virtual de Ciencias Morfológicas. La 2. Jornada Científica Virtual de la Cátedra Santiago Ramón y Cajal*. La Habana, Cuba. Recuperado de: http://www.morfovirtual2014.sld.cu/index.php/Morfovirtual/2014/paper/view/361/272. (Consultado el 22.02.2018)

Osburn, J., & Stock, R. (2005). Playing to the Technical Audience: Evaluating the Impact of Arts-Based Training for Engineers. *Journal of Business Strategy, 26*(5), pp. 33-39. doi:10.1108/02756660510700519

Palacios, L. (2006). El valor del arte en el proceso educativo. *REencuentro. Análisis de Problemas Universitarios, (46)*,0. Recuperado en: https://www.redalyc.org/pdf/340/34004607.pdf (Consultado el 04.05.2020)

Pedroza Flores, R. (2006). La interdisciplinariedad en la universidad. *Tiempo de Educar [online]. Vol. 7*, Nº 13, pp. 69-98. Recuperado de http://www.redalyc.org/pdf/311/31171304.pdf. (Consultado el 6.10.2015)

Post, R. (2009). Debating Disciplinarity. *Critical Inquiry, 35*(4), pp. 749-770. doi:10.1086/599580

Riva, A., Conti, G., Solinas, P., & Loy F. (2009). The evolution of anatomical illustration and wax modelling in Italy from the 16th to early 19th centuries. *Journal of Anatomy, Vol. 216*(2), pp. 209–222. doi:10.1111/j.1469-7580.2009.01157.x

Rogers, K. (2017). Cosmopolitical Futures: Fate Maps – Black Lace: Scanning Electrone Microscope Narratives. *Photography & Culture, Vol. 10*, Issue 3, pp. 299 – 307.

Root-Bernstein, R. (1985). Visual Thinking: The Art of Imagining Reality. *Transactions of the American Philosophical Society, 75*(6), pp. 50-67. doi:10.2307/20486640

Root-Bernstein, R. (2015). Arts and crafts as adjuncts to STEM education to foster creativity in gifted and talented students. *Asia Pacific Education Review , Vol. 16*, Nº2, pp. 203—212. doi: 10.1007/s12564-015-9362-0

Sánchez Ortiz, A., Del Moral, N. & Micó, S. (2012). Entre la Ciencia y el Arte. Ceroplástica Anatómica para el Real Colegio de Cirugía de San Carlos (1786-1805). *Archivo Español de Arte, Vol 85*, Nº 340, pp. 329-349. https://doi.org/10.3989/aearte.2012.v85.i340.518

Scherer, D. (2019). Interview with Diana Scherer: Weaving roots at the interface between art, fashion and science. *Plants, People, Planet, Vol. 1*, Issue 3, pp. 142–145. https://doi.org/10.1002/ppp3.48

Segarra, V.A., Natalizio, B., Falkenberg, C.V., Pulford, S., & Holmes, R.M. (2018). STEAM: Using the Arts to Train Well-Rounded and Creative Scientists. *Journal of microbiology & biology education*, *19* (1), doi:10.1128/jmbe.v19i1.1360

Selín, S. & Chávez, D. (1995). Developing a Collaborative Model for Environmental Planning and Management. *Environmental Management 19*(2), pp. 189-195.

Sonnenwald, D.H. (2007), Scientific collaboration. Annual Review Of Information Science And Technology, Nº 41, pp. 643-681. doi:10.1002/aris.2007.1440410121

Stock, P. & Burton, R.J.F. (2011). Defining Terms for Integrated (Multi-Inter-Trans-Disciplinary) Sustainability Research. *Sustainability*, *3*(12), pp. 1090–1113. doi:10.3390/su3081090

Stokes, C. (1980). The Scientific Methods of Max Ernst: His Use of Scientific Subjects from La Nature. *The Art Bulletin, 62*(3), pp. 453-465. doi:10.2307/3050030

Taylor, R. (2013). A Fascination with Fractals. *Physics World, Vol. 26*, Nº 9, pp. 37 – 41. https://doi.org/10.1088%2F2058-7058%2F26%2F09%2F33

Turing, A.M. (1952). The Chemical Basis of Morphogenesis. *Philosophical Transactions of Royal Society B, Vol. 237*, Issue 641, pp. 37-72. http://doi.org/10.1098/rstb.1952.0012

Rubinstein, R. (2003). When Bubbles Burst. *Art in America, Vol. 91*, Issue 2, pp. 96-99.

Siler, T. (2015). Neuroart: picturing the neuroscience of intentional actions in art and science. *Frontiers in Human Neuroscience, Vol. 9,* pp. 1-8. DOI=10.3389/fnhum.2015.00410

Sonnenwald, D. (2007). Scientific collaboration. *Annual Review of Information Science and Technology, Vol. 41*, Issue 1, pp. 643-681. New Jersey: Information Today, Inc.

Vermeulen, N., Parker, J. N., & Penders, B. (2013). Understanding life together: A brief history of collaboration in biology. *Endeavour*, *37*(3), pp. 162–171. http://doi.org/10.1016/j.endeavour.2013.03.001

Vesna, V. (2001). Toward a Third Culture: Being in between. *Leonardo, 34*(2), pp. 121-125. Recuperado de: http://www.jstor.org/stable/1577014 (Consultado el 05.02.2017)

Walker, C.M., Winner, E., Hetland, L., Simmons, S., Goldsmith, L. (2011). Visual Thinking: Art Students Have an Advantage in Geometric Reasoning. *Creative Education, Vol.2*, pp. 22-26. doi:10.4236/ce.2011.21004

Watson, J. D. & Crick, F. H. C. (1953). Molecular structure of nucleic acids: A structure for deoxyribose nucleic acid. *Nature, Vol. 171*, pp. 737–738. doi:10.1038/171737a0

Wright A. & Linney A. (2006). The Art and Science of a Long-Term Collaboration. En: Rye, D.C. and Scheding, S.J. (Eds.) *Proceedings. New Constellations: Art, Science and Society*. (pp. 54-60). Sydney: Museum of Contemporary Art.

Wright, C.J. (1980). The 'Spectre' of Science. The Study of Optical Phenomena and the Romantic Imagination. *Journal of the Warburg and Courtauld Institutes, Vol. 43*, pp. 186-200. doi:10.2307/751195

Zurr, I. (2012). Of instrumentalization of life and the vitality of matter: Aesthetics of creation and control for post-human worlds. *Dialogues in Human Geography*, *2*(3), pp. 288–291. https://doi.org/10.1177/2043820612468647

Zurr I. & Catts, O. (2002). Growing Semi-Living Sculptures: The Tissue Culture & Art Projects. *Leonardo, Vol. 35*, Nº 4, pp. 365–370.

Zeigler, E.F. (1989). Don't forget the profession when choosing a name! *Academy Papers 23*: 69. National Academy of Kinesiology, pp. 67-77.

Trabajos Fin de Grado- TFGs

Rial, P. (2014). *Arte y botánica. Una historia de las flores en el arte.* (Trabajo fin de grado). Facultad de Arquitectura, Universidad de la Republica, Montevideo, Uruguay.

Trabajos Fin de Máster- TFMs

Salonen, E. (2012). *Designing Collaboration*. (Trabajo fin de máster). MA Communication Design, Central Saint Martins, University of the Arts, London, United Kingdom.

Tesis doctorales

D'Souza, C. L. (2012). *Art and Neuroscience: The Historical Emergence and Conceptual Context of Neuro-Art*. (Tesis doctoral). School of Humanities and Social Science, Jacobs University, Bremen, Germany.

Ito, J. (2018). *The Practice of Change*. (Tesis doctoral). Keio University, Graduate School of Media & Governance, Japan. Recuperado de: http://web.media.mit.edu/~joi/files/ito_diss_v1_1.pdf. (Consultado el 12.10.2018)

Meseguer Peñalver, J. (2014). *Arte y Ciencia: Consideraciones Artísticas sobre los Dibujos Histológicos de Santiago Ramón y Cajal*. (Tesis doctoral). Facultad de Bellas Artes, Universidad de Murcia, España

Ortega de La Puente, A. (2000). *Equivalencias entre algunos sistemas complejos: Fractales, Autómatas Celulares y Sistemas de Lindenmayer*. (Tesis doctoral). Facultad de Ingeniería Informática, Universidad Autónoma de Madrid, España.

Revistas

Benoist, A. de (2002). A Brief History of the Idea of Progress. *The Occidental Quarterly*, *Vol. 8*, Nº 1, Spring 2008, pp. 7-16. Recuperado de: https://www.toqonline.com/archives/v8n1/TOQv8n1Benoist.pdf. (Consultado el 09.08.2018)

Berg, B. (el 27 de junio, 2017). The critical importance of STEAM education. *PC World*. Recuperado de: https://www.pcworld.idg.com.au/article/621170/critical-importance-steam-education/. (Consultado el 09.01.2019)

Bergstein, B. (el 15 de abril, 2014). The Underappreciated Ties Between Art and Innovation. *MIT Technology Review*. Recuperado de: https://www.technologyreview.com/s/526436/the-underappreciated-ties-between-art-and-innovation/ (Consultado el 15.03.2018).

Bernstein, W. (el 7 de junio, 2013). Creating your Own opoortunities. A Case Study at the Intersection of Art and Science. *The Tech*, *Vol. 133*, Issue 27. Recuperado de: http://tech.mit.edu/V133/N27/synergymos.html. (Consultado el 09.12.2017)

Birney, E. (el 10 de febrero, 2018). *Scientists and their emotions: the highs... and the lows*. *The Guardian*. Recuperado de: https://www.theguardian.com/science/2013/feb/10/scientists-emotions-highs-lows (Consultado el 10.09.2018)

Breckler, S. (2005). The Importance of Disciplines. *Psychological Science Agenda*, APA Science Directorate. Recuperado de: http://www.apa.org/science/about/psa/2005/10/ed-column.aspx. (Consultado el 24.09.2018)

Bright, R. & Buntaine, J. (2016). On 'Self Reflected'. *Interalia*, *Memory Networks* Issue. Recuperado de: https://www.interaliamag.org/interviews/greg-dunn-on-self-reflected/. (Consultado el 17.10.2017)

Caputo, J. (2016). Creating art with genes and bacteria. Bioartists use scientific methods and technology to explore living systems. *Elsevier*. Recuperado de: https://www.elsevier.com/connect/creating-art-with-genes-and-bacteria (Consultado el 22.01.2019)

Cassimally, K.A. (el 16 de junio, 2013). What Happens When Artists Look at the Brain? *Nature.* Recuperado de: https://www.nature.com/scitable/blog/labcoat-life/what_happens_when_artists_look. (Consultado el 28.03.2018)

Castro, N. (el 1 de agosto, 2016). Science Class Was Never Like This: Chemistry on 24 Screens. *Nvidia*. Recuperado de: https://blogs.nvidia.com/blog/2016/08/01/simulation-museum-of-science/. (Consultado el 21.02.2018)

Chandler, D.L. (el 13 de julio, 2017). Felice Frankel: Creating images to explain science concepts. *MIT News*. Recuperado de: http://news.mit.edu/2017/felice-frankel-creating-images-explain-science-concepts-0714 (Consultado el 24.05.2018)

Chung, C.T. (el 20 de abril, 2015). Artist Interview: Aki Inomata. *Cool Hunting*. https://coolhunting.com/culture/artist-interview-aki-inomata/. (Consultado el 06.02.2018)

Daneri, A. (2008). Ink Worlds: Roland Flexner. *Mousse Magazine*, Nº 15. Recuperado de: http://moussemagazine.it/roland-flexner-anna-daneri-2008/ (Consultado el 05.05.2016).

Dupuis, J. (el 12 de septiembre, 2016). Interview with Guerilla Science on Revolutionising how audiences experience science. *Confessions of a Science Librarian*. Recuperado de: http://confessions.scientopia.org/2016/09/12/interview-with-guerilla-science-on-revolutionising-how-audiences-experience-science/ (Consultado el 27.11.2017)

Durham, P. (el 4 de agosto, 2016). Guy Ben-Ary's CellF: playing with neurons. *The Australian*. Recuperado de: https://www.theaustralian.com.au/arts/music/guy-benarys-cellf-playing-with-neurons/news-story/db746384f6b5ca3f15c3c711a7002725?nk=3d9d3cd795ae565ce6ff6f701b213ceb-1548677880 (Consultado el 28.01.2019)

Gambino, M. (el 18 de septiembre, 2014). Secretive Victorian Artists Made These Intricate Patterns Out of Algae. *Smithsonian*. Recuperado de: https://www.smithsonianmag.com/arts-culture/secretive-victorian-artists-made-these-intricate-patterns-out-of-algae-180952720/?no-ist (Consultado el 08.10.2017)

Gidcumb, B. (mayo, 2014). PBL and STEAM: Do they intersect? *Institute for Arts Integration and STEAM*. Recuperado de: https://educationcloset.com/2014/05/23/pbl-and-steam-where-do-they-intersect/ (Consultado el 25.5.2020)

Giles, C. (febrero, 2011). Q&A with Marc Quinn. *Big Picture.* Recuperado de: https://bigpictureeducation.com/marc-quinn-interview. (Consultado el 05.08.2019).

Glover, M. (el 27 de noviembre, 2018). Tipos de pensamiento según la psicología. *Psicología-Online.* Recuperado de: https://www.psicologia-online.com/tipos-de-pensamiento-segun-la-psicologia-4223.html (Consultado el 04.02.2020)

Gorges, M.V.Z., Jones, B.D., Scott, S. & Siu, J.C.S. (2016). Perspectives on Art–Science Collaboration. *SciArt Magazine*. Recuperado de: https://www.sciartmagazine.com/reflection-perspectives-on-art-science-collaboration.html (Consultado el 28.03.2018)

Ginn, B. (el 6 de marzo, 2015). Art & Science: Q&A with Arthur I. Miller. *BURNAWAY.* Recuperado de: https://burnaway.org/interview/art-science-qa-arthur-miller/ (Consultado el 24.05.2018).

Hekkanen, R. (2011). Problems and advantages of multidisciplinarity: Some practical observations from a multidisciplinary Translation Studies project. *MikaEL - Electronic proceedings of the KäTu symposium on translation and interpreting studies, Vol.5*. Recuperado de: https://www.sktl.fi/@Bin/85372/Hekkanen_MikaEL2011.pdf (Consultado el 16.03.2017)

Isaacson, W. (2014). Why innovation needs both art and science. *World Economic Forum*. Recuperado de: https://www.weforum.org/agenda/2014/10/walter-isaacson-innovation-humanities-sciences/. (Consultado el 09.12.2019)

Jeffries, S. (el 21 de agosto, 2011). When two tribes meet: collaborations between artists and scientists. *The Guardian*. International Edition. Recuperado de: https://www.theguardian.com/artanddesign/2011/aug/21/collaborations-between-artists-and-scientists (Consultado el 22.01.2019)

Kaganskiy, J. (el 12 de agosto, 2010). Overcoming Manual Inadequacy: An Interview With Marius Watz. *Vice, Creators*. Recuperado de: https://creators.vice.com/en_uk/article/4x47bw/overcoming-manual-inadequacy-an-interview-with-marius-watz (Consultado el 26.11.2018)

Kenagy Mitchell, M. (2015). Web Exclusive: A Conversation with Natalie Settles. *Image, Issue 85*. Recuperado de: https://imagejournal.org/article/web-exclusive-a-conversation-with-natalie-settles/. (Consultado el 18.05.2020)

Kesseler, R. (el 9 de junio, 2008). A New Phytopia. *Infocus Magazine, Issue 10*, pp. 30-61. Recuperado de http://www.robkesseler.co.uk/A%20New%20Phytopia.pdf. (Consultado el 13.10.2017)

Lamont, T. (el 14 de noviembre, 2010). John Maeda: Innovation is born when art meets science. *The Guardian*. Recuperado de: https://www.theguardian.com/technology/2010/nov/14/my-bright-idea-john-maeda. (Consultado el 29.01.2019)

Malone, S. (el 15 de mayo, 2001). The Man Behind The Bunny: An Informal Interview With Eduardo Kac. *Switch, Issue 16*. Recuperado de: http://switch.sjsu.edu/archive/nextswitch/switch_engine/front/front.php%3Fartc=26.html (Consultado el 10.08.2019)

McGuickin, G. (el 27 noviembre, 2014). Matt Shlian: The Unconventional Artist and Paper Engineer Talks to Yatzer. *Yatzer*. Recuperado de: https://www.yatzer.com/matt-shlian (Conslutado el 21.02.2018).

Monroy Antón, A. & Sáez Rodríguez, G. (2012). Las teorías sobre la motivación y su aplicación a la actividad física y el deporte. *EFDeportes.com, Revista Digital*. *Año 16*, Nº 164. Recuperado de: https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4213508 (Consultado el 10.09.2018)

Nalls, G. (el 3 de marzo, 2016). The Man Who Changed How Artists and Scientists Work Together. *Nautilus*. Recuperado de: http://nautil.us/blog/the-man-who-changed-how-artists-and-scientists-work-together (Consultado el 23.02.2018)

O'Toole, C. (2014). Here's a 21st-century portrait of a young artist. *h Magazine. The Magazine of The Heinz Endowments*, pp.24-26. Recuperado de: http://www.heinz.org/userfiles/library/2014_issue2_complete2.pdf (Consultado el 24.04.2020).

Petersen, T. (el 20 de septiembre, 2005). Generative Art Now**.** An Interview with Marius Watz. *Artificial*. Recuperado de: http://www.artificial.dk/articles/watz.htm (Consultado el 26.11.2018)

Qureshi, U. (el 4 de diciembre, 2015). Collaboration: A Necessity, Not an Option. *Inservice*, *ASCD*. Recuperado de: http://inservice.ascd.org/collaboration-a-necessity-not-an-option/ (Consultado el 02.10.2018)

Rajasekar, S., Philominathan, P. & Chinnathambi, V. (2006). *Research Methodology*. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/2174858_Research_Methodology (Consultado el 04.07.2018)

Rosell, M. (el 28 de julio, 2016). ORON CATTS, confronting and re-evaluating what life is. *CLOT Magazine*. Recuperado de: http://www.clotmag.com/oron-catts (Consultado el 25.05.2018)

Russell, E. (el 14 de septiembre, 2016). Raw Material: A Conversation Led by Curator Angela McQuillan With Artists Laura Splan and Gail Wight. *Speak Speak, GrizzlyGrizzly*. Recuperado de: https://grizzlygrizzly.wordpress.com/2016/09/14/raw-material/ (Consultado el 21.02.2018)

Sayer, A. (1999). Long Live Postdisciplinary Studies! Sociology and the curse of disciplinaryparochialism/imperialism. *Department of Sociology, Lancaster University*, Lancaster, UK. Recuperado de:

https://www.lancaster.ac.uk/fass/resources/sociology-online-papers/papers/sayer-long-live-postdisciplinary-studies.pdf (Consultado el 12.10.2018)
Saumarez Smith, C. (el 19 de septiembre, 2001). When is a portrait not a portrait? *The Telegraph*. https://www.telegraph.co.uk/culture/4725651/When-is-a-portrait-not-a-portrait.html (Consultado el 05.08.2019)
Schiller, R. (el 30 de noviembre, 2016). Invented Biology. *Hand/Eye Magazine*. Recuperado de: http://handeyemagazine.com/content/invented-biology (Consultado el 04.01.2019)
Science and the World, Art and the Ego. (marzo, 2004). *RTD Info. Magazine for European Research*. Special Edition: Art&Science, March 2004. pp. 5-7.
Sherman, S. (el 26 de mayo, 2010). An Interview with Chico MacMurtrie by Suzan Sherman. *NYFA Current.* New York Foundation of Arts. Recuperado de: http://current.nyfa.org/post/73236952950/an-interview-with-chico-macmurtrie-by-suzan (Consultado el 16.02.2018)
Sprunger, J.G. (el 30 de noviembre, 2017). The Benefits of Engaging in Collaborative Research Relationships. *Observer, Association for Psychological Science*. Recuperado de: https://www.psychologicalscience.org/observer/the-benefits-of-engaging-in-collaborative-research-relationships (Consultado el 01.10.2018)
Stromberg, J. (el 19 de noviembre, 2013). The Microscopic Structures of Dried Human Tears. *Smithsonian*. Recuperado de: https://www.smithsonianmag.com/science-nature/the-microscopic-structures-of-dried-human-tears-180947766/ (Consultado el 15.11.2018)
Taylor, R. (31 de marzo, 2017). Fractal Patterns in Nature and Art Are Aesthetically Pleasing and Stress-Reducing. *Smithsonian*. Recuperado de: https://www.smithsonianmag.com/innovation/fractal-patterns-nature-and-art-are-aesthetically-pleasing-and-stress-reducing-180962738/ (Consultado el 22.11.2018)
Thomas, L. (el 18 de enero, 2013). Interview with Anna Dimitriu. *4 Humanities*. Recuperado de http://4humanities.org/2013/01/dumitriu-interview/ (Consultado el 27.12.2017)
Turner, G.T. (el 19 de febrero, 2004). John Johnson by Grady T. Turner. Bomb Magazine. Recuperado de: https://bombmagazine.org/articles/john-johnson/ (Consultado el 14.03.2018)
Wade, N. (el 2 de abril, 2009). Heart Muscle Renewed Over Lifetime, Study Finds. *The New York Times*. Recuperado de: https://www.nytimes.com/2009/04/03/science/03heart.html?_r=1 (Consultado el 12.11.2018)
Waite, R. (el 27 de abril, 2015). Wolfgang Buttress: 'From afar the Hive looks chaotic'. *The Architect´s Journal*. Recuperado de: https://www.architectsjournal.co.uk/news/wolfgang-buttress-from-afar-the-hive-looks-chaotic/8681559.article (Consultado el 05.01.2018)
Zaringhalam, M. (el 20 de enero, 2014). Art of Science Gallery Night @ CULTUREfix. *Artlab*. Recuperado de: http://thisisartlab.com/2014/01/20/art-science/ (Consultado el 04.12.2018)

Catálogos de exposiciones

Betrakta Växter/Viewing Plants. Cecilia Edelfalk & Hilma af Klint (2009). Catálogo de exposición (Skärhamn, 27 septiembre – 15 noviembre 2009). Nordal, B. (Com.) Nordiska Akvarellmuseet / Nordic Watercolor Museum, Skärhamn, Suecia.
Chaos! Komplexität in Kunst und Wissenschaft (2012). Catálogo de exposición (Múnich, 11 de septiembre – 15 de diciembre de 2012). ERES-Stiftung, Múnich.
Crude Life. The Tissue Culture & Art Projects. Oron Catts + Ionat Zurr. Art+Science Meeting (2012). Catálogo de exposición (Gdansk, 30 marzo – 22 abril 2012). Zawistowska-Toczek, D., Anessi, T. & Moran, M.(Eds.) Laznia Centre for Contemporary Art, Gdansk.
Die Erfindung der Natur. Max Ernst, Paul Klee, Wolls und das surreale Universum (1994). Catálogo de exposición (Hannover, 27 febrero – 8 mayo 1994; Karlsruhe, 21 mayo – 4 septiembre 1994). Sprengel Museum, Hannover, Badischer Kunstverein, Karlsruhe.
El cerebro, la gran cepa azul. Arte y Neurociencia (2010). Catálogo de exposición (Las Palmas de Gran Canaria, 2010). DeFelipe, J. & González, F. (Coo.) Museo Elder de la Ciencia y la Tecnología, Las Palmas de Gran Canaria.
Henri Matisse-Ellsworth Kelly: Plant Drawings (2002). Catálogo de exposición (Paris, 16 enero- 8 abril; Saint Louis, MO, 27 abril- 14 julio; Edimburgo, 10 agosto- 27 octubre 2002). Chassey, É. de &

Labrusse, R. (Com.) Centre national d'art et de culture Georges Pompidou, París; Saint Louis Art Museum, Misuri; Inverleith House, Royal Botanic Garden, Edimburgo.

Hubert Duprat. Retrospective Exhibition (2013-2014). Catálogo de exposición (Hobart, 7 deciembre 2013 – 28 julio 2014). Varenne, O., Clark, J. & Durling, N. (Com.) Museum of Old and New Art (MONA), Hobart, Tasmania.

International Compendium – Prix Ars Electronica, 2013. CyberArts 2013. Computer Animation / Film / VFX – Digital Music & Sound Art – Hybrid Art – Interactive Art Digital Communities – u 19 – CREATE YOUR WORLD – [the next idea] – Collide @ CERN (2013). Catálogo de exposición (Linz, 5 – 15 septiembre 2013). Leopoldseder, H., Schöpf C. & Stocker, G. (Eds.) OK Center for Contemporary Art, Linz.

Pattern & process: Nature and architecture in the work of Paul Klee (1987). Catálogo de exposición (San Francisco, 15 enero – 29 noviembre 1987). Graves, D. (Coor.) The Museum of Modern Art, San Francisco.

Paul Klee, Bauhaus Master (2013). Catálogo de exposición (Madrid, 22 marzo – 30 junio 2013). Fundación Juan March, Madrid.

Paul Klee: Konstruktion, Intuition (1990-1991). Catálogo de exposición (Mannheim, 9 diciembre 1990 – 3 marzo 1991). Fath, M. & Buderer, H.-J. (Eds.) Städtische Kunsthalle, Mannheim.

Reflections from the Third Day. Photographic Revelations of Plant Design (1978-1979). Catálogo de exposición (Pittsburgh, 20 noviembre 1978- 16 febrero 1979). Brindle, J.V. & White, J.J. (Eds.) Hunt Institute for Botanical Documentation, Carnegie-Mellon University, Pittsburgh.

Scientific Gardening. Der analytische Blick auf Pflanzen in Kunst und Wissenschaft (2015). Catálogo de exposición (Múnich, 6 mayo – 27 junio 2015). ERES-Stiftung, Múnich.

Silk me Back (2011-2012). Catálogo de exposición (Lyon, 15- 26 marzo 2011; Jujurieux, 16 mayo- 17 septiembre 2012; París, 27- 30 septiembre 2012). Isabelle Moulin (Com.) Museo Textil y la Fundación Bullukian, Lyon; Museo de la Seda, Jujurieux; Galería Nesle, París.

Total Recall. The Evolution of Memory. Ars Electronica 2013. Festival for Art, Technology and Society. (2013). Catálogo de exposición (Linz, 5 – 9 septiembre 2013). Leopoldseder, H., Stocker, G. & Schöpf, C. (Eds.) Ars Electronica, Linz.

Enciclopedias en línea

Forrest, P. (el 31 de julio, 1996). The Identity of Indiscernibles. En: Zalta E.N. (Ed.) *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*. Winter 2016. Stanford: Metaphysics Research Lab, Stanford University (versión electrónica). Recuperado de: https://plato.stanford.edu/entries/identity-indiscernible/ (Consultado el 12.03.2018)

Hallinen, J. (el 28 de junio, 2019). STEM Education Curriculum. *Encyclopædia Britannica, inc*. Recuperado de: https://www.britannica.com/topic/STEM-education (Consultado el 29.03.2020)

Preston, J. (el 21 de septiembre, 2016). Paul Feyerabend. En: Zalta E.N. (Ed.) *The Stanford Encyclopedia of Philosophy.* Winter 2016. Stanford: Metaphysics Research Lab, Stanford University (versión electrónica). Recuperado de: https://plato.stanford.edu/entries/feyerabend/#AgaiMeth1970 (Consultado el 26.03.2019)

Diccionarios

Anatomía (sin fecha). En: *Diccionario de la lengua española. Real Academia Española*. Recuperado de: https://dle.rae.es/?id=2X6ixmm (Consultado el 06.05.2018)

Art (sin fecha). En: *Oxford Living Dictionaries*. Recuperado de: https://en.oxforddictionaries.com/definition/art (Consultado el 27.06.2018)

Arte (sin fecha). En: *Diccionario de la lengua española. Real Academia Española*. Recuperado de: http://dle.rae.es/srv/fetch?id=3q9w3lk (Consultado el 27.06.2018)

Bilateral (sin fecha). En: *Diccionario de la lengua española. Real Academia Española*. Recuperado de: https://dle.rae.es/bilateral?m=form (Consultado el 13.12.2019)

Caos (sin fecha). En: *Diccionario de la lengua española. Real Academia Española*. Recuperado de: https://dle.rae.es/?id=7HD3hMJ (Consultado el 29.05.2019)

Ciencia (sin fecha). En: *Diccionario de la lengua española. Real Academia Española*. Recuperado de: https://dle.rae.es/?id=9AwuYaT (Consultado el 27.06.2018)

Colaborar (sin fecha). En: *Diccionario de la lengua española. Real Academia Española*. Recuperado de: http://dle.rae.es/srv/search?m=30&w=colaborar (Consultado el 29.09.2018)
Complejo (sin fecha). En: *Diccionario de la lengua española. Real Academia Española*. Recuperado de: https://dle.rae.es/complejo (Consultado el 02.07.2021)
Complexity (sin fecha). En *Collins English Dictionary*. Recuperado de: https://www.collinsdictionary.com/dictionary/english/complexity (Consultado el 02.07.2021)
Creativity (sin fecha). En: *Collins English Dictionary*. Recuperado de: https://www.collinsdictionary.com/dictionary/english/creativity (Consultado el 09.12.2019)
Discipline (sin fecha). En: *Online Etymology Dictionary*. Recuperado de: https://www.etymonline.com/word/discipline (Consultado el 12.02.2019)
Discipline (sin fecha). En: *Oxford Living Dictionaries*. Recuperado de: https://en.oxforddictionaries.com/definition/discipline (Consultado el 21.09.2018)
Doctrina (sin fecha). En: *Diccionario de la lengua española. Real Academia Española*. Recuperado de: http://dle.rae.es/?id=E3eOaI9 (Consultado el 21.09.2018)
Especialidad (sin fecha). En: *Diccionario de la lengua española. Real Academia Española*. Recuperado de: https://dle.rae.es/especialidad (Consultado el 13.02.2020)
Estético (sin fecha). En: *Diccionario de la lengua española. Real Academia Española*. Recuperado de: http://dle.rae.es/srv/fetch?id=GrPCrf2 (Consultado el 12.09.2018)
Fractal (sin fecha). En: *Diccionario de la lengua española. Real Academia Española*. Recuperado de: http://dle.rae.es/srv/search?m=30&w=fractal (Consultado el 22.11.2018)
Generalizar (sin fecha). En: *Diccionario de la lengua española. Real Academia Española*. Recuperado de: https://dle.rae.es/generalizar (Consultado el 13.02.2020)
Genética (sin fecha). En: *Diccionario de la lengua española. Real Academia Española*. Recuperado de: https://dle.rae.es/gen%C3%A9tico (Consultado el 06.04.2020)
Imaginación (sin fecha). En *Diccionario de la lengua española. Real Academia Española*. Recuperado de: https://dle.rae.es/imaginaci%C3%B3n (Consultado el 01.12.2020)
Imagination (sin fecha). En: *Collins English Dictionary*. Recuperado de: https://www.collinsdictionary.com/dictionary/english/imagination (Consultado el 05.02.2020)
Innovation (sin fecha). En: *Collins English Dictionary*. Recuperado de: https://www.collinsdictionary.com/dictionary/english/innovation (Consultado el 09.12.2019)
Intuición (sin fecha). En: *Diccionario de la lengua española. Real Academia Española*. Recuperado de: https://dle.rae.es/intuici%C3%B3n?m=form (Consultado el 24.01.2020)
Inventive (sin fecha). En *Collins English Dictionary*. Recuperado de: https://www.collinsdictionary.com/dictionary/english/inventive (Consultado el 09.12.2019)
Investigación (sin fecha). En: *Diccionario de la lengua española. Real Academia Española*. Recuperado de: https://dle.rae.es/investigaci%C3%B3n?m=form (Consultado el 18.02.2020)
Knowledge (sin fecha). En: *Oxford Living Dictionaries*. Recuperado de: https://en.oxforddictionaries.com/definition/knowledge (Consultado el 29.06.2018)
Life (sin fecha). En: *Oxford Living Dictclionaries*. Recuperado de: https://en.oxforddictionaries.com/definition/life (Consultado el 15.04.2019)
Methodology (sin fecha). En: *Oxford Living Dictionaries*. Recuperado de: https://en.oxforddictionaries.com/definition/methodology (Consultado el 07.02.2018)
Método (sin fecha). En: *Diccionario de la lengua española. Real Academia Española*. Recuperado de: https://dle.rae.es/m%C3%A9todo?m=form (Consultado el 14.02.2020)
Metodología (sin fecha). En: *Diccionario de la lengua española. Real Academia Española*. Recuperado de: http://dle.rae.es/srv/search?m=30&w=metodolog%C3%ADa (Consultado el 07.02.2018)
Microscópico (sin fecha). En: *Diccionario de la lengua española. Real Academia Española*. Recuperado de: http://dle.rae.es/srv/search?m=30&w=microsc%C3%B3pico (Consultado el 25.10.2018)
Minúsculo (sin fecha). En: *Diccionario de la lengua española. Real Academia Española*. Recuperado de: http://dle.rae.es/srv/search?m=30&w=min%C3%BAsculo (Consultado el 25.10.2018)
Multilateral (sin fecha). En: *Diccionario de la lengua española. Real Academia Española*. Recuperado de: https://dle.rae.es/multilateral?m=form (Consultado el 13.12.2019)
Mundo (sin fecha). En: *Diccionario de la lengua española. Real Academia Española*. Recuperado de: http://dle.rae.es/?id=Q5etWXp (Consultado el 28.06.2018)

Neurociencia (sin fecha). En: *Diccionario de la lengua española. Real Academia Española*. Recuperado de: https://dle.rae.es/?id=QRy0lcZ (Consultado el 07.05.2018)
Neuroimagen (sin fecha). En: Diccionario médico. Clínica Universidad de Navarra. Recuperado de: https://www.cun.es/diccionario-medico/terminos/neuroimagen (Consultado el 28.07.2020)
Orden (sin fecha). En: *Diccionario de la lengua española. Real Academia Española*. Recuperado de: https://dle.rae.es/?id=R9ScnIe (Consultado el 29.05.2019)
Pattern (sin fecha). En: *Collins English Dictionary*. Recuperado de: https://www.collinsdictionary.com/dictionary/english/pattern (Consultado el 21.11.2018)
Pattern (sin fecha). En: *Oxford Living Dictionaries* Recuperado de: https://en.oxforddictionaries.com/definition/pattern (Consultado el 20.05.2019)
Polimatía (sin fecha). En: *Diccionario de la lengua española. Real Academia Española*. Recuperado de: https://dle.rae.es/polimat%C3%ADa (Consultado el 03.12.2019)
Presentación (sin fecha). En: *Diccionario de la lengua española. Real Academia Española*. Recuperado de: https://dle.rae.es/presentaci%C3%B3n?m=form (Consultado el 03.12.2020)
Rational (sin fecha). En: *Collins English Dictionary*. Recuperado de: https://www.collinsdictionary.com/us/dictionary/english/rational (Consultado el 24.01.2020)
Representación (sin fecha). En: *Diccionario de la lengua española. Real Academia Española*. Recuperado de: https://dle.rae.es/representaci%C3%B3n (Consultado el 03.12.2020)
Research (sin fecha). En: *Cambridge Dictionary*. Recuperado de: https://dictionary.cambridge.org/dictionary/english/research (Consultado el 18.02.2020)
Research (sin fecha). En: *Collins English Dictionary*. Recuperado de: https://www.collinsdictionary.com/dictionary/english/research (Consultado el 18.02.2020)
Science (sin fecha). En: *Oxford Living Dictionaries*. Recuperado de: https://en.oxforddictionaries.com/definition/science (Consultado el 27.06.2018)
Semejante (sin fecha). En: *Diccionario de la lengua española. Real Academia Española*. Recuperado de: http://dle.rae.es/srv/fetch?id=XVv80p3 (Consultado el 24.06.2018)
Specialization (sin fecha). En: *Cambridge Dictionary*. Recuperado de: https://dictionary.cambridge.org/dictionary/english/specialization (Consultado el 24.01.2020).
Symmetry (sin fecha). En: *Oxford Living Dictionaries* Recuperado de: https://en.oxforddictionaries.com/definition/symmetry (Consultado el 25.05.2019)
Unilateral (sin fecha). En: *Diccionario de la lengua española. Real Academia Española*. Recuperado de: https://dle.rae.es/unilateral (Consultado el 13.12.2019)
World (sin fecha). En: *Cambridge Dictionary*. Recuperado de: https://dictionary.cambridge.org/dictionary/english/world (Consultado el 28.06.2018)

Páginas web personales

Ambler, S.W. (2010). *Generalizing Specialists: Improving Your IT Career Skills*. Agile Modeling. Recuperado de: http://agilemodeling.com/essays/generalizingSpecialists.htm (Consultado el 20.05.2020)
Ball, P. (mayo, 2003). *Patterns in art and nature: a talk delivered at Dulwich Picture Gallery.* Phillip Ball. Recuperado de: https://www.philipball.co.uk/articles/patterns/59-patterns-in-art-and-nature (Conslutado el 21.11.2018)
Benayoun, M. (marzo, 2016). *Brain Factory*. MOBEN. Recuperado de: http://benayoun.com/moben/2016/03/05/brain-factory/ (Consultado el 19.09.2017)
Ben-Ary, G. (sin fecha). *CellF*. Guy Ben-Ary. Recuperado de: http://guybenary.com/work/cellf/ (Consultado el 19.09.2017)
Ben-Ary, G. (sin fecha). *MEART*. Guy Ben-Ary. Recuperado de: http://guybenary.com/work/meart/ (Consultado el 19.09.2017)
Bur Johnson, A. (sin fecha). *Murmuration 18:53:35*. Alan Bur Johnson. Recuperado de: http://www.alanburjohnson.com/murmuration/ (Consultado el 29.08.2016)
Catts, O. & Zurr, I. (sin fecha). *Victimless Leather- A Prototype of Stitch-less Jacket grown in a Technoscientific "Body"*. The Tissue Culture & Art Projects. Recuperado de: http://www.tca.uwa.edu.au/vl/vl.html (Consultado el 16.07.2017)
Clarke, K. (sin fecha). *Works DNA*. Kevin Clarke. Recuperado de: http://www.kevinclarke.com/portraits/works/ (Consultado el 25.09.2017)

Dolphin, L. (1992). *Steps in the Scientific Method*. Lambert Dolphin. Recuperado de: http://www.ldolphin.org/SciMeth2.html (Consultado el 12.03.2020)
Fairnington, M. (2007). *The Specimen. Interview by Shelly Stein*. Mark Fairnington. Recuperado de: http://www.markfairnington.com/page28.html (Consultado el 19.03.2019)
Fisher, R.-L. (sin fecha). *BEEyond*. Rose-Lynn Fisher. Recuperado de: http://rose-lynnfisher.com/beepage.html (Consultado el 11.10.2017)
Gill, D. (el 26 de agosto, 2013). *What Kind Of Art Do You Make?: Defining Your Discipline*. Daric Gill Studios. Recuperado de: https://dgillart.wordpress.com/2013/08/26/define-your-discipline/ (Consultado el 29.12.2017)
Hesse-Honegger, C. (sin fecha). *Field Studies in Environs of Nuclear Installations in Europe*. Cornelia Hesse-Honegger. Recuperado de: http://www.wissenskunst.ch/uk/completed-studies/europe/radiation-contaminated-areas-in-europe/ (Consultado el 19.02.2018)
Inomata, A. (sin fecha). *Why Not Hand Over a "Shelter" to Hermit Crabs?* Aki Inomata. Recuperado de: http://www.aki-inomata.com/works/hermit/ (Consultado el 20.12.2016)
Ito, J. (el 2 de octubre, 2014). *Antidisciplinary*. Joi Ito. Recuperado de: https://joi.ito.com/weblog/2014/10/02/antidisciplinar.html (Consultado el 03.12.2018)
Jensenius, A.R. (el 12 de marzo, 2012). *Disciplinarities: intra, cross, multi, inter, trans*. Alexander Refsum Jensenius. Recuperado de: http://www.arj.no/2012/03/12/disciplinarities-2/ (Consultado el 15.02.2017)
Kac, E. (sin fecha). *Natural History of the Enigma*. Eduardo Kac. Recuperado de: http://www.ekac.org/nat.hist.enig.html (Consultado el 15.02.2017)
Kathrein, M. (enero, 2014). *Drip by Drip by Drip. On the art of Pernille Snedker Hansen*. Snedker Studio. Recuperado de: http://www.snedkerstudio.dk/article (Consultado el 18.03.2017)
MacMurtrie, C. (sin fecha). *Organic Arches*. Chico MacMurtrie, Amorphic Robot Works. Recuperado de: http://amorphicrobotworks.org/organic-arches (Consultado el 17.09.2017)
Meijs, R. van der (sin fecha). *Time Capsule of Life 2.0*. Ronald van der Meijs. Recuperado de: http://www.ronaldvandermeijs.nl/Time-capsule-of-life-2-0 (Consultado el 19.02.2016)
Pennewitz, U. (2014). *Ars ex machina – navigating the invisible*. Martin Oeggerli. Recuperado de: http://oeggerli.com/about/ (Consultado el 14.10.2017)
Quinn, M. (2001). *Artworks. DNA portrait of Sir John Sulston*. Marc Quinn. Recuperado de: http://marcquinn.com/artworks/single/dna-portrait-of-sir-john-sulston1 (Consultado el 19.02.2018)
Rinaldo, K. (2013-2014). *Seed Series*. Ken Rinaldo. Recuperado de: http://www.kenrinaldo.com/portfolio/seed-series-2013-portugal/ (Consultado el 19.09.2016)
Scherer, D. (sin fecha). *Interwoven. Exercises in Rootsystem Domestication*. Diana Scherer. Recuperado de: http://dianascherer.nl/ (Consultado el 10.05.2017)
Scott, J. (sin fecha). *Neuromedia.* Jill Scott. Recuperado de: https://www.jillscott.org/pdf/Eskin_Brochure_JScott.pdf (Consultado el 27.02.2018)
Settles, N. (sin fecha). *Chapter 11. Life in the Lab. A Pilgrim in Art and Science.* Natalie Settles. Recuperado de: http://www.nataliesettles.com/pilgrim#ch11 (Consultado el 19.05.2020)
Settles, N. (sin fecha). *Chapter 12. Wall Drawings. A Pilgrim in Art and Science.* Natalie Settles. Recuperado de: http://www.nataliesettles.com/pilgrim#ch12 (Consultado el 19.05.2020)
Settles, N. (sin fecha). *Marginal.* Natalie Settles. Recuperado de: http://nataliesettles.com/marginal.php (Consultado el 19.05.2020)
Settles, N. (sin fecha). *The Evolving Wallpaper Project*. Natalie Settles. Recuperado de: http://www.nataliesettles.com/evolving-wallpaper.php (Consultado el 22.01.2019)
Sommerer, C. & Mignonneau, L. (sin fecha). *Eau de Jardin. Interactive installation*. Laurent Mignonneau & Christa Sommerer. Recuperado de: http://www.interface.ufg.ac.at/christa-laurent/WORKS/FRAMES/FrameSet.html (Consultado el 05.10.2017)
Sommerer, C. & Mignonneau, L. (sin fecha). *Trans Plant. An Interactive Computer Installation.*Laurent Mignonneau & Christa Sommerer. Recuperado de: http://www.interface.ufg.ac.at/christa-laurent/WORKS/FRAMES/FrameSet.html (Consultado el 05.10.2017)
Vanouse, P. (sin fecha). *Labor. Paul Vanouse.* Paul Vanouse. Recuperado de: http://www.paulvanouse.com/labor.html (Consultado el 03.10.2017)
Vitali, G. (sin fecha). *Packaging Pattern*. Giselle Vitali. Recuperado de: https://gisellevitali.com/packaging-musculante/ (Consultado el 19.05.2019)

Wight, G. (2014). *Land of the Flies*. Gail Wight, Works of Art. Recuperado de: https://web.stanford.edu/~gailw/Wight_Projects/Flyland.html (Consultado el 18.10.2017)
Yanishevsky, T. (2010). *Human*. Tatyana Yanishevsky. Recuperado de: http://human.knitplants.com/ (Consultado el 15.08.2017)
Yanishevsky, T. (2011). *The Knit Garden*. Tatyana Yanishevsky. Recuperado de: http://garden.knitplants.com/ (Consultado el 15.08.2017)

Publicaciones en línea

Amor Bravo, E. (el 4 de abril, 2018). De STEM a STEAM: mucho más que la interacción del arte y la ciencia. *Educaweb*. Recuperado de: https://www.educaweb.com/noticia/2018/04/04/stem-steam-mucho-mas-interaccion-arte-ciencia-16384/ (Consultado el 09.01.2018)
Arts and science combine for unique residencies (el 13 de marzo 2015). Australia Council for the Arts. Recuperado de: http://www.australiacouncil.gov.au/news/media-centre/media-releases/arts-and-science-combine-for-unique-residencies/ (Consultado el 8.11.2017)
Artsail (sin fecha). *Our mission*. Recuperado de: https://www.artsail.info/our-mission/ (Consultado el 22.03.2018)
Baldwin, B. (el 22 de agosto, 2017). VCU School of the Arts' New Dean Talks About His Innovative Approach to the Arts and Leadership. *Style Weekly.* Recuperado de: https://www.styleweekly.com/richmond/vcu-school-of-the-arts-new-dean-talks-about-his-innovative-approach-to-the-arts-and-leadership/Content?oid=4245909 (Consultado el 05.01.2018)
Barratt, T. (el 20 de octubre, 2017). One minute with Georgia Schwender, visual arts coordinator. *Fermilab News*. Recuperado de: http://news.fnal.gov/2017/10/one-minute-georgia-schwender-visual-arts-coordinator/ (Consultado el 05.12.2018)
Basu, N.N. (el 9 de octubre, 2016). *Artist Hillary Waters Fayle On Nature, Culture & Mixing Them In Her Leaf Art*. The Yellow Sparrow. Recuperado de: https://www.theyellowsparrow.com/hillary-waters-fayle-nature-art/ (Consultado el 22.10.2017)
Berger, E. (2014). Ars Bioarctica – Art&Science at the Kilpisjärvi Biological Station. En: HENVY (Helsinki University Centre for Invironment). *Arctic Environment in a Changing World*. Conferencia durante el seminario *Current Trends in Environmental Research*. Universidad de Helsinki, Finlandia. Recuperado de: http://www.helsinki.fi/henvi/societalinteraction/seminarseries_spring2014.htm (Consultado el 16.11.2017)
Birney, E. (el 10 de febrero, 2013). Scientists and their emotions: the highs... and the lows. *The Guardian*. Recuperado de: https://www.theguardian.com/science/2013/feb/10/scientists-emotions-highs-lows (Consultado el 10.09.2018)
Burrows, W. (el 31 de agosto, 2016). A Q&A with… Wolfgang Buttress, Hive artist. A-N, The Artist Information Company. Recuperado de: https://www.a-n.co.uk/news/a-qa-with-wolfgang-buttress-hive-artist (Consultado el 20.02.2018)
Caines, M. (el 25 de septiembre, 2012). Arts head: Mike Stubbs, director, FACT. *The Guardian, International Edition*. Recuperado de: https://www.theguardian.com/culture-professionals-network/culture-professionals-blog/2012/sep/25/mike-stubbs-fact-liverpool-interview (Consultado el 27.11.2017)
Chicago Gallery News (el 10 de octubre, 2017). An Interview with Curator Georgia Schwender. *Chicago Gallery News*. Recuperado de: https://www.chicagogallerynews.com/news/2017/10/an-interview-with-curator-georgia-schwender (Consultado el 05.12.2018)
Code, vision, infinity: An interview with Pavel Karafiát (el 1 de septiembre, 2015). *Shape Platform*. Recuperado de: http://shapeplatform.eu/2015/code-vision-infinity-an-interview-with-pavel-karafiat/ (Consultado el 03.12.2018)
Come Together: Julia Buntaine and the SciArt Center (el 14 de noviembre, 2017). Scientific Inquierer. Recuperado de: https://scientificinquirer.com/2017/11/14/come-together-julia-buntaine-and-the-sciart-center/ (Consultado el 05.12.2017)
Coss, K. (el 22 de septiembre, 2014). *Art and Biology Grow New Perspectives on Life*. Inquiry, University of Minnesota. Recuperado de: https://research.umn.edu/inquiry/post/art-and-biology-grow-new-perspectives-life (Consultado el 10.08.2019)

Delannoy, L. (sin fecha). *Artes*, *filosofía*, *física cuántica*, *neurociencias*, *biología*. Recuperado de: https://www.neuroartes.com/ (Consultado el 27.03.2019)

Dixon, D. & Marston, S. (sin fecha). *Art – Science: Collaborations, Bodies and Environments*. Recuperado de: http://artscience.arizona.edu/sites/default/files/page-files/asc_brief_format1.pdf (Consultado el 8.11.2017)

Durham University (el 9 de mayo, 2006). *Dame Gillian Beer's Speech on the Challenges of Interdisciplinarity*. Institute of Advanced Study, Durham University. Recuperado de: https://www.dur.ac.uk/ias/news/annual_research_dinner/ (Consultado el 9.2.2017)

Fisher, R.-L. (sin fecha). *Darquer*. Recuperado de: https://www.darquer.com/rose-lynn-fisher/ (Consultado el 22.02.2018)

Heuer, R.-D. & Bello, M. (2017). *CERN: Great art for great science*. Recuperado de: https://ars.electronica.art/artandscience/en/network/partner/arts-cern/ (Consultado el 9.11.2017)

Hindi, N. (el 26 de mayo, 2016). The Autodesk Artist-in-Residence Program – Insightful Interview. *The Artian*. Recuperado de: http://theartian.com/2016/05/26/the-autodesk-artist-in-residence-program-insightful-interview/ (Consultado el 05.12.2018)

Hutton, N. (el 7 de octubre, 2013). Interview: Julia Buntaine. *The Beautiful brain*. Recuperado de: http://thebeautifulbrain.com/2013/07/interview-julia-buntaine/ (Consultado el 21.05.2018)

Hutton, N. (el 9 de noviembre, 2011). Interview with Greg Dunn. *The Beautiful Brain*. Recuperado de: http://thebeautifulbrain.com/2011/11/interview-gallery-greg-dunn/ (Consultado el 28.02.2018).

Interview: Be: One (el 8 de marzo, 2016). M online, PRS for Music. Recuperado de: https://www.m-magazine.co.uk/features/interviews/interview-be-one/ (Consultado el 22.01.2019)

IRB Barcelona (sin fecha). *Programa de Residencia Artística*. Recuperado de: https://www.irbbarcelona.org/es/programa-de-residencia-artistica (Consultado el 30.11.2017)

Kieniewicz, J. (el 19 de junio, 2013). Why Art and Science? *At the Interface. Plos Blogs. Diverse Perspectives on Science and Medicine*. Recuperado de: http://blogs.plos.org/attheinterface/2013/06/19/why-art-and-science/ (Consultado el 18.05.2018)

Krishnan, A. (2009). What Are Academic Disciplines? Some Observations on the Disciplinarity vs. Interdisciplinarity Debate. *University of Southampton, National Centre for Research Methods, NCRM Working Paper Series (03/09)*. Recuperado de: http://eprints.ncrm.ac.uk/783/1/what_are_academic_disciplines.pdf (Consultado el 12.02.2019)

Lamparter, S. (el 25 de febrero, 2016). Please Enter the Antidisciplinary Space. *Nextrends*, *Swissnex San Francisco*. Recuperado de https://nextrends.swissnexsanfrancisco.org/antidisciplinaryspace/ (Consultado el 03.01.2018)

Lindley, J. (el 26 de enero, 2016). What on Earth is Post Disciplinary Ethnography? *Post Disciplinary Ethnography Edition*, *Ethnogrpahy Matters*. Recuperado de: http://ethnographymatters.net/blog/2016/01/26/what-on-earth-is-post-disciplinary- ethnography/ (Consultado el 11.10.2018).

Malina, R. (el 29 de agosto, 2010). What are the Different Types of Art Science Collaboration. *Roger Malina*. Recuperado de: http://malina.diatrope.com/2010/08/29/what-are-the-different-types-of-art-science-collaboration/ (Consultado el 05.10.2018)

Miller, M.K. (sin fecha). Drawing Conclusions. Art and Science combine to image what cannot be seen. *Traits of Life, Exploratorium*. Recuperado de: http://www.exploratorium.edu/traits/goodsell.html (Consultado el 21.10.2017)

Mora, F. (el 10 de junio, 2004). Neuroarte y belleza. *El Cultural*. Recuperado de: https://www.elcultural.com/revista/ciencia/Neuroarte-y-belleza/9773 (Consultado el 27.03.2019)

Olds, K. (el 26 de junio, 2009). Multidisciplinary research – an essential driver for innovation. *GlobalHigherEd*. Recuperado de: https://globalhighered.wordpress.com/2009/06/26/multidisciplinary-research-an-essential-driver-for-innovation/ (Consultado el 15.02.2017)

Pannucci, C. (sin fecha). Vanitas (in a Petri dish). Digital prints by Suzanne Anker. *Art & Science Collaborations™ Inc.* Recuperado de: http://www.asci.org/suzanneankervanitas.html (Consultado el 21.02.2018)

Pitcher, J. (sin fecha). Lesley Richmond: The intersection between craft & art. *TextileArtist*. Recuperado de: http://www.textileartist.org/lesley-richmond-interview/ (Consultado el 12.09.2017)

Ramchandani, J. (el 18 de julio, 2018). Artists and scientists: Why collaborate. *Medium*. Recuperado de: https://medium.com/we-learn-we-grow/artists-and-scientists-same-same-but-different-d0ed943d7fec (Consultado el 09.01.2019)

Ross, P. (el 29 de octubre, 2015). A Conversation with Ionat Zurr. *Art Practical.* Recuperado de: https://www.artpractical.com/feature/a-conversation-with-ionat-zurr/ (Consultado el 07.03.2019)

Sick-Leitner, M. (el 18 de diciembre, 2014). Art and Science. *Ars Electronica*. Recuperado de: https://ars.electronica.art/aeblog/en/2014/12/18/edasn/ (Consultado el 09.12.2018)

Simons, B. (agosto, 2017). Message from the Director. *Concordia University, Milieux, Institute for Arts, Culture and Technology. Annual Report, 2016-2017*, pp. 4-5. Recuperado de: https://milieux.concordia.ca/wp-content/uploads/2018/02/MILIEUX-ANNUAL-REPORT-FINAL.pdf (Consultado el 11.12.2018)

Snodgrass, E. (sin fecha). Richelle Gribble. Interview with Emma Snodgrass, Intern. *SciArt Center.* Recuperado de: https://www.sciartcenter.org/richelle-gribble.html (Consultado el 05.12.2017)

Thayer, K. (el 30 de junio, 2017). How Hosting Creative Residencies Helps Autodesk Build Better 3D Software. *Forbes*. Recuperado de: https://www.forbes.com/sites/katherynthayer/2017/06/30/how-hosting-artist-residencies-helps-autodesk-build-better-3d-software/#5b82d4035b9c (Consultado el 05.12.2018)

The Maker: Alan Bur Johnson. (sin fecha). *Luxe*. Recuperado de: https://luxesource.com/features/article/the-maker-alan-bur-johnson (Consultado el 05.02.2018).

NoArk. Oron Catts & Ionat Zurr (Australia). VIDA 10- Second prize (el 3 de diciembre, 2012). *VIDA. Art and Artificial Life International Awards*. Recuperado de: https://vida.fundaciontelefonica.com/en/project/noark/ (Consultado el 01.03.2018)

Weibel, P. (sin fecha). Peter Weibel: Methods in Art and Science. *Center for Art and Media (ZKM)*. Recuperado de: http://zkm.de/en/peter-weibel-methods-in-art-and-science (Consultado el 28.11.2017)

Conferencias

Bartlett, G. (2001). *Systemic Thinking. A simple thinking technique for gaining systemic (situation – wide) focus*. En: BREAKTHROUGHS 2001. 9th International Conference on Thinking. Auckland, New Zealand. Recuperado de http://www.probsolv.com/systemic_thinking/Systemic%20Thinking.pdf (Conslutado el 10.09.2018)

Audios

Blanton, S.S. (el 16 de agosto, 2012). *Entrevista con Hillary Waters Fayle*. Burchfield Penney Art Center. Recuperado de: https://www.burchfieldpenney.org/artists/artist:hillary-fayle/ (Consultado el 22.10.2017)

Carey, B. (el 20 de julio, 2016). *Suzanne Anker*. Praxis Interview Magazine, WYBCX, Yale Radio. Recuperado de: https://museumofnonvisibleart.com/interviews/suzanne-anker/ (Consultado el 22.05.2018).

Fleming, M. (1995). *Art and Science*. Joseph Beuys Lectures 1996, Audio Arts. Casette 1, Side A. Recuperado de: http://www.tate.org.uk/audio-arts/supplements/joseph-beuys-lectures-1996-art-and-science (Consultado el 25.05.2018)

Make/Time (el 29 de septiembre, 2017). *Matthew Shlian: A Place of Not Knowing*. Recuperado de: https://soundcloud.com/make-time/matthew-shlian-a-place-of-not-knowing (Consultado el 09.05.2018)

Racoosin, E. (el 25 de abril, 2016). *Paul Vanouse, Director of CoalesceCenter for Biological Art*. WRFI Community Radio. Recuperado de: https://player.fm/series/wrfi-community-radio-news/paul-vanouse-director-of-coalesce-center-for-biological-art-april-25th-2016 (Consultado el 03.12.2017)

St. Clair, J. (el 12 diciembre, 2016). *Akron's Synapse Art Series Explores the Intersection of Art and Science*. WKSU radio. Recuperado de: http://www.wksu.org/post/akrons-synapse-art-series-explores-intersection-art-and-science#stream/0 (Consultado el 03.12.2018)

Vídeos

Artinscience. (el 6 de mayo, 2009). *Arts Catayst by Nicola Triscott 4/4*. Recuperado de: https://www.youtube.com/watch?v=u-dFqRktpA0 (Consultado el 25.05.2018)

Artinscience. (el 31 de diciembre, 2008). *Arts Catayst by Nicola Triscott 1/4*. Recuperado de: https://www.youtube.com/watch?v=A7PJmPtDphs (Consultado el 05.12.2018)
ArtsixMic. (25 de abril, 2016). *Rose Lynn Fisher photographie la vie des larmes*. Recuperado de: https://www.youtube.com/watch?v=N85km8h4oko (Consultado el 22.02.2018)
Benayoun, M. (el 29 de junio, 2017). *The Brain Factory*. Recuperado de: https://www.youtube.com/watch?v=dLKQdB6CNFU (Consultado el 28.02.2018)
Brattleboro Community TV (8 de Junio, 2017). *MGFA presents: Jackie Abrams & Karen Kamenetzky*. Recuperado de: https://www.youtube.com/watch?time_continue=75&v=jXSA_ZXEL-s (Consultado el 12.10.2017)
Brin, S. (febrero, 2016). Making/Meaning in the Realm of Anti-Disciplinarity. En: S. Lamparter (Coor.) *Please Enter the Antidisciplinary Space*. Lift Conference 2016, February 10–12, 2016, Geneva, Switzerland. Recuperado de: http://liftconference.com/lift16/speakers/4642 (Consultado el 03.01.2018)
Bymartinmeyer. (el 4 de enero, 2014). *Scientific. Delirium. Madness. 2015 of the Djerassi Resident Artists Program*. Recuperado de: https://vimeo.com/150704249 (Consultado el 21.01.2019)
Chicago Humanities Festival (el 9 de diciembre, 2013). *Eduardo Kac: Transgenic Artist*. Recuperado de: https://www.youtube.com/watch?v=3LSJVD0m1Mg (Consultado el 25.05.2020)
Contemporary Arts Media – Artfilms (el 29 de octubre, 2016). *Robotic arts: Chico MacMurtrie's TOTEMOBILE*. Recuperado de: https://www.youtube.com/watch?v=SIOmMcvp3-U (Consultado el 24.05.2018)
CPNAS (el 21 de septiembre, 2011). *Stephen Tonsor & Natalie Settles Part 1*. Recuperado de: https://www.youtube.com/watch?time_continue=3&v=qwYNmn1UY4c (Consultado el 19.04.2018)
CPNAS (el 21 de septiembre, 2011). *Stephen Tonsor & Natalie Settles Part 3*. Recuperado de: https://www.youtube.com/watch?time_continue=340&v=0llpC9Vd5e0 (Consultado el 19.04.2018)
Destination NSW (15 de julio, 2014). *VIVID IDEAS - David Goodsell on Making Science Beautiful*. Recuperado de: https://www.youtube.com/watch?v=Aj7r_sgBtsE (Consultado el 26.02.2018).
Douglas, J.A. (el 27 de abril, 2015). *Interview with Director of Symbiotica Lab Oron Catts*. Recuperado de: https://vimeo.com/126117008 (Consultado el 15.03.2018)
Drinker, W. (el 21 de marzo, 2014). *An Introduction to Microetching*. Recuperado de: https://www.youtube.com/watch?v=GLt5A29N0zg (Consultado el 17.10.2017)
Dudau, A. (el 2 de enero, 2016). 1.5. Method and methodology. Recuperado de: https://www.youtube.com/watch?v=KyuDYW9QbD4 (Consultado el 04.07.2018)
Elkins, J. (el 26 de febrero, 2018). *Eight Models of Art-Science Interactions (lecture)*. Recuperado de: https://www.youtube.com/watch?v=aUA-OYwXwHs (Consultado el 23.10.2018)
ExhibitionDJCAD (el 28 de noviembre, 2011). *Martha Fleming, Shared Imagination: Art and Science Collaborations in Dundee*. Recuperado de: https://www.youtube.com/watch?v=xFdqa-afSvg (Consultado el 31.01.2019)
Fornasier, E. (el 28 de agosto, 2015). *Crystal Birth*. Recuperado de: https://vimeo.com/137625468 (Consultado el 23.10.2017)
GV Art London (el 5 de septiembre, 2013). *Monocle 24 Radio Interview with Tom Jeffreys & Robert Devcic*. Recuperado de: https://www.youtube.com/watch?v=i6sPsmRZVuQ (Consultado el 08.12.2018)
Inscopix (el 15 de junio, 2017). *Greg Dunn, PhD: The making of neuroscientific art*. Recuperado de: https://www.youtube.com/watch?v=NbzuPZ2Tt58 (Consultado el 17.10.2017)
International Telecommunication Union. (el 8 de octubre, 2013). *Horst Hörtner, Director, Ars Electronica FutureLab*. Recuperado de: https://www.youtube.com/watch?v=2SuFnBU16Qc (Consultado el 05.12.2018)
Ken + Julia Yonetani. (el 29 de noviembre, 2010). Imagine Tree. Recuperado de: https://www.youtube.com/watch?v=N7bgv4aEgcA (Consultado el 16.10.2017)
Kesseler, R. (el 07 de marzo, 2016). *zona pellucida*. Recuperado de: https://vimeo.com/158007108 (Consultado el 10.05.2020)
Kesseler, R. (el 30 de julio, 2014). *Zona Pellucida Zona Lucida 420*. Recuperado de: https://vimeo.com/102108678 (Consultado el 10.05.2020)
Killip, M. (el 26 de marzo, 2014). *The Diatomist*. Recuperado de: https://vimeo.com/90160649 (Consultado el 08.10.2017)

Koch, W. (el 1 de junio, 2016). *Interview Ronald Van der Meijs im LUFTMUSEUM Amberg*. Recuperado de: https://www.youtube.com/watch?v=6dGQsXLkM1g (Consultado el 19.02.2016)
Larue, T. (el 25 de noviembre, 2012). *Mothlight - Stan Brakhage [1963]*. Recuperado de: https://www.youtube.com/watch?v=S5P5vkegmvU (Consultado el 05.02.2018)
Malpass, M. (20 de Agosto, 2012). *Visions of Science: and interview with Rob Kesseler by Caterina Albano*. Recuperado de: https://www.youtube.com/watch?v=M5ShHNeww_I (Consultado el 23.02.2018)
Nalls, G. (el 4 de noviembre, 2014). *Interview with Cynthia Pannucci: Finding Digital Common Ground*. Recuperado de: https://www.youtube.com/watch?v=_RnMkgcZQ-Q (Consultado el 12.03.2018)
New York Institute for the Humanities at NYU (el 21 de marzo, 2012). *Suzanne Anker - Survival of the Beautiful - The New York Institute for the Humanities*. Recuperado de: https://www.youtube.com/watch?v=NzmKhdWNBIE (Consultado el 28.01.2019)
NOVA PBS Official (el 10 de septiembre, 2015). *Scientist? Artist. Pirate! Who Is Joe Davis?* Recuperado de: https://www.youtube.com/watch?v=7GkZt00Qics (Consultado el 23.05.2018)
Patten, J. (febrero, 2016). Challenging the Audience to Work in Anti-Disciplinary Spaces. En: S. Lamparter (Coor.) *Please Enter the Antidisciplinary Space*. Lift Conference 2016, February 10–12, 2016, Geneva, Switzerland. Recuperado de: http://liftconference.com/lift16/speakers/4609 (Consultado el 04.01.2018)
QAGOMA (el 17 de febrero, 2011). *Oron Catts | Brisbane Interview*. Recuperado de: https://www.youtube.com/watch?v=glajqexlMZc (Consultado el 07.03.2019)
Radboud University (el 27 de marzo, 2017). *Diana Scherer makes art from roots*. Recuperado de: https://www.youtube.com/watch?v=9be4A9vvo3c (Consultado el 06.08.2018)
Reyndols, C. (el 25 de julio, 2017). *Methods and methodology*. Recuperado de: https://www.youtube.com/watch?v=FqrG6Aq_-E4 (Consultado el 04.07.2018)
Scaruffi, P. (el 11 de octubre, 2013). *Kate Nichols on Art and Nanocience at a Stanford LASER*. Recuperado de: https://www.youtube.com/watch?v=ywioOuSF5ps (Consultado el 19.07.2019)
Scott, J. (el 11 de marzo, 2013). *ESKIN - art and tactile perception.* Recuperado de: https://vimeo.com/61534646 (Consultado el 27.02.2018)
Scott, J. (el 11 de marzo, 2013). *Somabook - Art and Neural Development.* Recuperado de: https://vimeo.com/61559326 (Consultado el 20.09.2017)
Sollins, S. & Ravich, N. (2008). *Mark Dion: Methodology*. Art21, Extended Play. Recuperado de: https://art21.org/watch/extended-play/mark-dion-methodology-short/ (Consultado el 25.05.2018)
Statens Kunstfond (el 10 de junio, 2013). *Social Inclusion and Interdisciplinarity - Martha Fleming*. Recuperado de: https://www.youtube.com/watch?v=RE03kz97tcA (Consultado el 11.01.2019).
SVA BFA Fine Arts (el 4 de mayo, 2012). *SVA Bio Art Lab - Suzanne Anker*. Recuperado de: https://vimeo.com/41579535 (Consultado el 22.05.2018)
Talks at Google (el 7 de diciembre, 2011). *John Madea: "STEM to STEAM: The Meaning of Innovation" | Talks at Google*. Recuperado de: https://www.youtube.com/watch?v=0yc-_Ei2Yto (Consultado el 11.06.2019)
TED (el 4 de agosto, 2009). *Willard Wigan. Hold your breath for micro-sculpture*. Recuperado de: https://www.youtube.com/watch?v=rBKV4rOgSJU (Consultado el 15.01.2018)
TEDMED 2015 (noviembre 2015). *The spellbinding art of human anatomy*. Recuperado de: https://www.tedmed.com/talks/show?id=530906 (Consultado el 15.05.2019)
TEDx Talks (el 1 de diciembre, 2015). *What if art could truly create biological life? | Eduardo Kac | TEDxVienna*. Recuperado de: https://www.youtube.com/watch?v=IS_5WJteCC8 (Consultado el 10.01.2019)
TEDx Talks (el 24 de junio, 2013). *Why Scientists Need an Artist on the Team: Anna Dumitriu at TEDxSussexUniversity*. Recuperado de: https://www.youtube.com/watch?v=TnEy6OvytOw (Consultado el 09.05.2018)
TEDx Talks (el 30 de marzo, 2018). *How art and science collaborate, intervene and innovate | Claudia Schnugg | TEDxLinz*. Recuperado de: https://www.youtube.com/watch?v=7FKhqMDd9xA (Consultado el 20.06.2019)
The Artian (el 23 de abril, 2018). *From Science and Technology to Art - The Artian Art & Tech Event Series*. Recuperado de: https://www.youtube.com/watch?v=CEWx68JiqsE (Consultado el 07.03.2019).

The Bespoke Film Company (el 22 de agosto, 2014). *Ways of Seeing: Meetings of Minds*. Recuperado de: https://vimeo.com/104119376 (Consultado el 13.10.2017)
The Leonardo (el 5 de enero, 2012). *Through the Looking Glass at The Leonardo*. Recuperado de: https://www.youtube.com/watch?v=XTkWEF2hJOQ (Consultado el 16.07.2019)
Thorne Films (el 30 de noviembre, 2009). *Exploratorium - From an Interview with Dr. Frank Oppenheimer*. Recuperado de: https://www.exploratorium.edu/video/exploratorium-interview-dr-frank-oppenheimer (Consultado el 21.10.2017)
Timeless Textiles Gallery. (26 de mayo, 2014). *Meredith Woolnough chats about her recent exhibition Akin @ TimelessTextiles Gallery.* Recuperado de: https://www.youtube.com/watch?v=JuLsRclKmmE (Consultado el 12.02.2018)
UK in Hungary (el 16 de junio, 2015). *Exclusive Interview with Dr. Martin Bencsik and Wolfgang Buttress*. Recuperado de: https://www.youtube.com/watch?v=ie_aZ7Lqac4 (Consultado el 20.02.2018).
UK Trade & Investment (UKTI). (el 11 de mayo, 2015). *The UK Pavilion at Milan Expo 2015: The Creators*. Recuperado de: https://www.youtube.com/watch?v=TsJXdv85kmI (Consultado el 22.01.2019)
University of Michigan Engineering (el 06 de enero, 2016). *Art Inspired Solar Cells*. Recuperado de: https://www.youtube.com/watch?time_continue=6&v=x_zEvVU-ork&feature=emb_logo (Consultado el 12.05.2020)
University of the Arts London, Postgraduate Community (el 28 de junio, 2016). *Art, Science and the Artisian*. Recuperado de: https://www.youtube.com/watch?time_continue=362&v=3kq1Iti5434 (Consultado el 18.05.2018)
Wellcome Collection (15 de marzo, 2016). *Illustrating Ebola - David S Goodsell*. Recuperado de: https://www.youtube.com/watch?v=f0rPXTJzpLE (Consultado el 20.11.2018)
Wertheim, M. (febrero, 2009). *The beautiful math of coral.* TED2009. Recuperado de: https://www.ted.com/talks/margaret_wertheim_crochets_the_coral_reef#t-911787 (Consultado el 29.11.2017)
Zurich University of the Arts (2013). *Micha Kuball / METHOD*. Recuperado de: http://methodsofart.net/question.php?artist=kuball&question=method&base= (Consultado el 29.05.2018)
Zurich University of the Arts (2014). *Anthony Antonellis / METHOD*. Recuperado de:http://methodsofart.net/question.php?artist=antonellis&question=method&base= (Consultado el 28.05.2018)
Zurich University of the Arts (2014). *Bismarck Charriére / METHOD*. Recuperado de: http://methodsofart.net/question.php?artist=bismarck&question=method&base= (Consultado el 29.05.2018)
Zurich University of the Arts (2015). *Julieta Aranda / METHOD*. Recuperado de: http://methodsofart.net/question.php?artist=aranda&question=method&base= (Consultado el 28.05.2018)
Zurich University of the Arts (2015). *Pablo Helguera / METHOD*. Recuperado de: http://methodsofart.net/question.php?artist=helguera&question=method&base= (Consultado el 28.05.2018)
Zurich University of the Arts (2016). *Delphine Chapuis Schmitz / METHOD*. Recuperado de: http://methodsofart.net/question.php?artist=schmitz&question=method&base= (Consultado el 28.05.2018)
Zurich University of the Arts (2016). *Niklaus Heeb / METHOD*. Recuperado de: http://methodsofart.net/question.php?artist=heeb&question=method&base=# (Consultado el 28.05.2018)

ANEXO I. Listado de imágenes organizadas por capítulos

PARTE 1

Capítulo 1

Figura 1. Etapas históricas del proceso cognitivo-artístico en términos de "presentación", "representación", "interpretación" y "descontextualización" de los avances tecnológico-científicos. Fuente: Producción propia.

Figura 2. Presentación esquemática de un ciervo. Cueva de Bacinete, Cádiz (4000 a.e.c – 1000 a.e.c.). Fuente: https://es.wikipedia.org/wiki/Arte_esquem%C3%A1tico_ib%C3%A9rico#/media/Archivo:Baci-4s.jpg (Consultado el 18.11.2021)

Figura 3. *El arquitecto*. *Estatua sedente del príncipe Gudea*. Diorita, 46x33x22.50cm (2120 a. e. c.). Fuente: https://es.wikipedia.org/wiki/Estatua_sedente_del_pr%C3%ADncipe_Gudea (Consultado el 25.06.2018)

Figura 4. *Dioscórides de Viena*. De izquierda a derecha: representación del uso medicinal de la planta zarzamora europea con texto escrito en griego medieval; representación de tres pájaros: herrerillo común (*Cyanistes caeruleus*), cárabo común (*Strix aluco*) y cernícalo primilla (*Falco naumanni*). Ilustraciones sobre folios de vitela, 37cm x 30cm (512 e. c.) Fuente: https://es.wikipedia.org/wiki/ Diosc %C3%B3rides_de _Viena#/media/Archivo:ViennaDioscoridesPlant.jpg y https://es.wikipedia.org/ wiki/Diosc%C3%B3rides_de_Viena#/media/Archivo: ViennaDioscoridesBirds.jpg (Consultado el 27.03.2019)

Figura 5. Átlas gráfico de acupunctura. Representación de puntos y meridianos. En *Expression of the Fourteen Meridians* (*Shi si jing fa hui*), Hua Shou (s. XIV). Fuente: https://scientificillustration.tumblr.com/ post/76941329729/ medicine-timeline (Consultado el 28.03.2019)

Figura 6. De izquierda a derecha: ilustración del esqueleto humano atribuida a Jan van Calcar. En *Sobre la estructura del cuerpo humano*, Andrés Vesalio (1543); Clemente Susini, *Órgano del tacto*. Colección de ceras anatómicas de la Universidad de Cagliari (1803-1805); Maria Sibylla Merian, lámina 23 del libro *Metamorphosis Insectorum Surinamensium*. Lápiz, tinta y acuarela sobre vitela (1704). Fuente: https://news.artnet.com/art-world/guide-memento-mori-art-historians-1076897 (Consultado el 28.03.2019), https://www.pinterest.es/pin/860680178763677873/ (Consultado el 28.03.2019) y https://www.pinterest.es/pin/566609196853141475/ (Consultado el 30.03.2019)

Figura 7. Pablo Picasso, *Les Demoiselles d'Avignon*, óleo sobre lienzo, 243,9x233,7cm (1907). Fuente: https://maverickmist.com/tag/reproduction-of-les-demoiselles-davignon/ (Consultado el 04.04.2019)

Figura 8. Wassily Kandinsky, *Sin título*, acuarela, 49,6×64,8cm (1910 o 1913). Fuente: https://www.wassilykandinsky.net/work-28.php (Consultado el 05.04.2019)

Figura 9. Wassily Kandinsky, *Blue World,* óleo con arena sobre lienzo, 109,22x120,33cm (1934). Fuente: https://www.1000museums.com/art_works/vassily-kandinsky-blue-world?artist_id=146&from=artists (Consultado el 7.04.2019)

Figura 10. Wassily Kandinsky, *Variegated Black*, óleo sobre lienzo (1935). Fuente: https://www.wassilykandinsky.net/work-541.php (Consultado el 07.04.2019)

Figura 11. Wassily Kandinsky, *Environment*, óleo sobre lienzo (1936). Fuente: https://www.ebay.fr/itm/123487429767 (Consultado el 10.04.2019)

Figura 12. Wassily Kandinsky, *Division-Unity*, óleo sobre lienzo (1934). Fuente: https://www.walmart.com/ip/ Division-Unity-1934-Poster-Print-by-Wassily-Kandinsky/100279742 (Consultado el 13.04.2019)

Figura 13. Paul Klee, *Flower Myth*, técnica mixta sobre lienzo (1918). Fuente: https://www.paulklee.net/flower-myth.jsp (Consultado el 13.04.2019)

Figura 14. Eduardo Kac, *Edunia*, *Natural History of Enigma*, flor genéticamente modificada con ADN del artista (2003-2008). Fuente: https://www.saic.edu/150/nothing-new (Consultado el 01.06.2021)

Figura 15. Suzanne Anker, *Vanitas in a Petri Dish 26*, impresión de inyección de tinta, 50x50cm (2013). Fuente: http://suzanneanker.com/artwork/?wppa-album=20&wppa-photo=582&wppa-occur=1 (Consultado el 09.01.2019)

Figura 16. Descripción de la terminología aplicada a los conceptos arte-ciencia recopilada en el Diccionario Oxford y en el Diccionario de la Real Academia Española. El círculo azul de la izquierda representa los términos descriptivos del arte. El círculo amarillo de la derecha muestra los términos vinculados a la ciencia. La intersección de los dos círculos contiene los términos compartidos que describen los dos ámbitos. Fuente: Producción propia.

Figura 17. Representación conceptual de los pensamientos analítico y sintético. Esquema propuesto por Gary Bartlett. En *Systemic Thinking. A simple thinking technique for gaining systemic (situation – wide) focus* (2001). Fuente:http://www.probsolv.com/systemic_thinking/Systemic%20Thinking.pdf. Pág. 4 (Conslutado el 10.09.2018)

Figura 18. Descripción terminológica arte-ciencia. Modelos de conocimientos compartidos. Fuente: Producción propia.

Figura 19. Niveles de profesionalización. Escala gradual de interacción entre disciplinas propuesta por Scott W. Ambler (2010) dónde se recogen tres grados diferenciados: especialista, generalista-especialista y generalista. El autor contempla un cuarto grado, el especialista generalizado, donde un individuo tiene el conocimiento profundo de varias áreas disciplinares. Fuente: http://agilemodeling.com/essays/generalizingSpecialists.htm (Consultado el 20.05.2020)

Figura 20. Niveles de profesionalización del especialista generalizado. Escala de amplitud de los conocimientos propuesta por Scott W. Ambler (2010). El autor propone una posición central. Fuente: http://agilemodeling.com/essays/generalizingSpecialists.htm (Consultado el 20.05.2020)

Figura 21. Procesos de la conceptualización y de la ejecución presentes en la búsqueda de la solución de problemas en el ámbito artístico y el científico propuestos por el psicólogo Howard Gardner. Fuente: Producción propia.

Capítulo 2

Figura 22. François Clouet, *Isabel de Austria*, óleo sobre tabla, 36x26cm (1571). Fuente: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Fran%C3%A7ois_Clouet_003.jpg. (Consultado el 15.04.2019)

Figura 23. Relación entre metodología y método. En la configuración de un proceso de investigación los métodos suponen los pasos prácticos del proceso, mientras que la metodología añade a esta parte resolutiva la ideación conceptual del problema. Propuesta modificada de la representación realizada por la profesora Cheryl Reyndols (2018). Fuente: https://www.youtube.com/watch?v=FqrG6Aq_-E4. (Consultado el 04.07.2018)

Figura 24. Procesos curriculares artísticos y científicos. Metodologías de investigación. Fuente: Producción propia.

Figura 25. Metodología de investigación científica. Proceso metodológico propuesto por el físico Lambert Dolphin (1992). Fuente: http://www.ldolphin.org/SciMeth2.html (Consultado el 12.03.2020)

Figura 26. Metodología de investigación artística. Proceso metodológico propuesto por el artista Stroud Cornock. Fuente: Stroud Cornock (1983). Towards a Methodology for Students of Fine Art. *Journal of Art & Design Education, 2(1)*, pp. 81–99. doi:10.1111/j.1476-8070.1983.tb00021.x. Pág. 97

Figura 27. Procesos curriculares artísticos y científicos. Fuente: Producción propia. Gráfico comparativo basado en las propuestas de Cornock (1983) y Dolphin (1992).

Figura 28. Metodologías de investigación artística. Fuente: Producción propia. Modelo integrador teórico/práctico basado en la propuesta de Cornock (1983) y otros artistas cuyos procesos creativos han sido analizados en el desarrollo de la tesis doctoral.

Figura 29. Índices para medir la promoción y el ascenso personal en las relaciones profesionales. Fuente: Producción propia. Representación gráfica basada en la propuesta de Moravcsik (1974).

Figura 30. Construcción identitaria, principios de actuación en los encuentros interpersonales. Fuente: Producción propia. Representación gráfica basada en las observaciones de Gray y Malins (1993) y Goodsell (2017).

Figura 31. Difusión y divulgación del conocimiento. Estrategias para comunicar y democratizar el conocimiento. Fuente: Producción propia. Basado en las observaciones de Lévy-Leblond (2004), Kuhn (1977), Moravcsik (1974) y Heeb (2018).

Figura 32. Procesos identitarios de las emociones nivel social, laboral y personal. Fuente: Producción propia. Propuesta basada en las observaciones de Birney (2013).

PARTE 2

Capítulo 3

Figura 33. Clasificación de tipologías de interacción disciplinaria propuesta por Pedroza Flores (2015). Incluye los prefijos *multi-*, *pluri-*, *cros-*, *inter-*, *trans-* y *co-*. Fuente: Producción propia.

Figura 34. Clasificación de tipologías de interacción disciplinaria propuesta por Zeigler (1989). Incluye los prefijos *multi-*, *cros-* e *inter-*. Fuente: Earl F, Zeigler (1989). “Don’t forget the profession when choosing a name!” En: *Academy Papers 23*: 69. National Academy of Kinesiology, pp. 67-77. Pág. 69

Figura 35. Clasificación de tipologías de interacción disciplinaria propuesta por Jensenius (2012). Incluye los prefijos *intra-*, *multi-*, *cros-*, *inter-* y *trans-*. Fuente: Jensenius, A.R. (el 12 de marzo, 2012). Disciplinarities: intra, cross, multi, inter, trans. Alexander Refsum Jensenius. Recuperado de: http://www.arj.no/2012/03/12/disciplinarities-2/. (Consultado el 15.02.2017)

Figura 36. Clasificación de tipologías de interacción disciplinaria propuesta por Morin (1997). Incluye los prefijos *inter-*, *poli-* y *trans-*. Fuente: Producción propia.

Figura 37. Clasificación de tipologías de interacción disciplinaria propuesta por Collen (2002). Incluye los prefijos *mono-*, *multi-*, *inter-*, *trans-* y *meta-*. Fuente: Producción propia.

Figura 38. Metodologías relacionales de interacción disciplinaria propuesta por Arne Collen (2002). Incluye los conceptos de mono-, multi-, inter-, trans- y metadisciplinariedad. Realiza el estudio con respecto al objeto de investigación. Fuente: Arne Collen (2002). Discipli-narity in the Pursuit of Knowledge. En: G.

Minati and E. Pessa (Eds.) *Emergence in Complex, Cognitive, Social, and Biological Systems*. pp.285-296. New York, USA: Springer Science+Business Media. Pág. 293

Figura 39. Metodologías relacionales de interacción disciplinaria propuesta por Arne Collen (2002). Incluye los conceptos de mono-, multi-, inter-, trans- y metadisciplinariedad. Realiza el estudio ordenando los tipos de acuerdo de su grado de complejidad. Fuente: Arne Collen (2002). Disciplinarity in the Pursuit of Knowledge. En: G. Minati and E. Pessa (Eds.) *Emergence in Complex, Cognitive, Social, and Biological Systems*. pp.285-296. New York, USA: Springer Science+Business Media. Pág. 294

Figura 40. Clasificación binaria de tipologías de interacción disciplinaria propuesta por Besselaar y Heimeriks (2001). Incluye monodisciplinariedad y no-disciplinariedades (multidisciplinariedad, interdisciplinariedad y transdisciplinariedad). Fuente: Producción propia.

Figura 41. Clasificación de tipologías de interacción disciplinaria propuesta por Stock y Barton (2011). Incluye los prefijos *multi-*, *inter-* y *trans-*. Fuente: Producción propia.

Figura 42. Objetivos de la transdisciplinairedad propuestos por Lawrence (2010). Fuente: Producción propia.

Figura 43. Clasificación de tipologías de interacción disciplinaria propuesta por Joichi Ito (2018). Realiza la clasificación atendiendo a la gestión que los investigadores hacen de la profundidad y/o amplitud del conocimiento. Fuente: Joichi Ito (2018). *The Practice of Change*. (Tesis doctoral). Keio University, Graduate School of Media & Governance, Japan. Recuperado de: http://web.media.mit.edu/~joi/files/ito_diss_v1_1.pdf. Pág. 49 (Consultado el 12.10.2018).

Figura 44. Clasificación de tipologías de interacción disciplinaria propuesta por Joichi Ito (2018). Muestra la conexión entre los investigadores mono- y multidisciplinares. Fuente: Ito, J. (2018). *The Practice of Change*. (Tesis doctoral). Keio University, Graduate School of Media & Governance, Japan. Recuperado de: http://web.media.mit.edu/~joi/ files/ito_diss_v1_1.pdf. Pág. 51 (Consultado el 12.10.2018).

Figura 45. Clasificación de tipologías de interacción disciplinaria propuesta por Joichi Ito (2018). Introduce el término antidisciplinariedad para recoger otras circunstancias que los investigadores encuentran al gestionar el desarrollo de sus proyectos (red de líneas horizontales, verticales y diagonales). Fuente: Ito, J. (2018). *The Practice of Change*. (Tesis doctoral). Keio University, Graduate School of Media & Governance, Japan. Recuperado de: http://web.media.mit.edu/~joi/files/ito_diss_v1_1.pdf. Pág. 52 (Consultado el 12.10.2018).

Figura 46. Clasificación de tipologías de interacción disciplinaria propuesta por Joichi Ito (2018). Describe la convivencia de la mono-, inter-, multi- y antidisciplinariedad en un ámbito profesional único. Fuente: Ito, J. (2018). *The Practice of Change*. (Tesis doctoral). Keio University, Graduate School of Media & Governance, Japan. Recuperado de: http://web.media.mit.edu/~joi/files/ito_diss_v1_1.pdf. Pág. 53 (Consultado el 12.10.2018).

Figura 47. Clasificación binaria de tipologías de interacción disciplinaria propuesta por Lindley (2018). Realiza la propuesta estudiando las características de la postdisciplinariedad y las características de los otros tipos disciplinarios. Propone crear un ámbito común en el contexto de la postdisciplinariedad que recoga las características comunes y excluya las diferentes. Fuente: Producción propia.

Figura 48. Postdisciplinariedad. Terminología descriptiva: conectividad, metodologías, conceptos y lenguajes, profundidad del conocimiento y amplitud del enfoque y visión holística del problema. Fuente: Producción propia.

Figura 49. Antidisciplinariedad. Terminología descriptiva: metodologías innovadoras, anulación de límites disciplinarios, aprendizaje basado en problemas, exploraciones relacionadas con lo conceptual, lo procedimental, creación de nuevos lenguajes narrativos. Fuente: Producción propia.

Figura 50. Propuesta comparativa de los conceptos post- y antidisciplinariedad según sus objetivos, procesos y resultados. Fuente: Producción propia.

Figura 51. Estudio de la frecuencia de uso de los prefijos que describen los tipos de interacción disciplinaria introducidos por Pedroza Flores (2015), Jensenius (2012), Morin (1997), Collen (2002), Besselaar y Heimeriks (2001), Stock y Burton (2011), Lawrence (2012) e Ito (2018). Fuente: Producción propia.

Figura 52. Propuesta de clasificación integradora entre tipos disciplinarios atendiendo a la gestión colaborativa entre ellas en el ámbito académico. Representación gráfica de las diferentes relaciones entre disciplinas. Fuente: Producción propia.

Figura 53. Propuesta de clasificación integradora entre tipos disciplinarios atendiendo a la gestión colaborativa entre ellas en el ámbito académico. Descripción del modelo predisciplinar. Fuente: Producción propia.

Figura 54. Propuesta de clasificación integradora entre tipos disciplinarios atendiendo a la gestión colaborativa entre ellas en el ámbito académico. Descripción del modelo disciplinar. Fuente: Producción propia.

Figura 55. Propuesta de clasificación integradora entre tipos disciplinarios atendiendo a la gestión colaborativa entre ellas en el ámbito académico. Descripción del modelo post-/no-disciplinar. Fuente: Producción propia.

Figura 56. Propuesta de clasificación integradora entre tipos disciplinarios atendiendo a la gestión colaborativa entre ellas en el ámbito académico. Descripción del modelo antidisciplinar. Fuente: Producción propia.

PARTE 3

Capítulo 5

Figura 57. Jardín botánico de Tutmosis III, Karnak, Luxor, Egipto (1450 a.e.c.) Fuente: https://thegardenstrust.blog/2020/02/01/hatshepsut-and-thutmosis/ (Consultado el 12.05.2019)

Figura 58. *Codex Vindebonesis, Artemisia absinthium*, Biblioteca Nacional de Austria, Viena (s. VI). Fuente: https://www.pinterest.es/pin/512566001332024752/ (Consultado el 1.05.2019)

Figura 59. Georg Ehert, *Clariss. Linnæi, M.D. Methodus plantarum sexualis in Sistemate Naturæ descripta* (1736). Fuente:https://www.researchgate.net/publication/8043938_Morphogenesis_of_Flowers--Our_Evolving_View/figures?lo=1 (Consultado el 18.02.2021)

Figura 60. Maria Sibylla Merian, *Tulpen* (*Tulipanes*). En *Neues Blumenbuch* (1677). Fuente: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Maria_merian_tulpen.jpg (Consultado el 18.07.2020)

Figura 61. Anna Atkins, *Photographs of British Algae: Cyanotype Impressions*. De izquierda a derecha: *Ptilota sericea; Gelidium Corneum Vars* (1843). Fuente: https://digitalcollections.nypl.org/collections/photographs-of-british-algae-cyanotype-impressions#/?tab=navigation (Consultado el 05.03.2018)

Figura 62. Marianne North, *Foliage and Fruit of the Wampee and American Passion Flower*, óleo sobre tabla (1878). Fuente: https://www.wayfair.co.uk/home-decor/pdx/east-urban-home-223-foliage-and-fruit-of-the-wampee-and-american-passion-flower-by-marianne-north-art-print-magl5845.html (Consultado el 05.05.2018)

Figura 63. Marianne North, colección botánica, Real Jardín Botánico de Kew (Reino Unido). Fuente: https://twitter.com/kewgardens/status/1164130315729870848 (Consultado el 25.08.2019)

Figura 64. Modelos botánicos producidos por la empresa Brendel (siglo XIX). Fuente: https://www.1stdibs.co.uk/furniture/more-furniture-collectibles/collectibles-curiosities/models-miniatures/r-brendel-botanical-models/id-f_2135062/ (Consultado el 15.03.2020)

Figura 65. Ernst Haeckel, *Kunstformen der Natur*. De izquierda a derecha: *Nepenthaceae*, Tabla 62; *Siphoneae*, Tabla 64 (1904). Fuente: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Haeckel_Nepenthaceae.jpg y https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Haeckel_Siphoneae.jpg (Consultado el 19.02.2019)

Figura 66. Karl Blossfeldt, *Adiantum pedatum*. Imagen aumentada 8x (1928). Fuente: https://ipoxstudios.com/ karl-blossfeldt-and-his-artistic-representation-of-nature/ (Consultado el 03.12.2019)

Figura 67. Tatyana Yanishevsky, *Passionflower*, *The Knit Garden*, tejido de hilo, 91,5x91,5x71cm (2004). Fuente: https://garden.knitplants.com/ (Consultado el 12.06.2018)

Figura 68. Lesley Richmond, *Winter Light 4*, algodón, seda y pintura acrílica, 96,5×139,7cm (2017). Fuente: http://www.lesleyrichmond.com/WinterSeries/winter04.html (Consultado el 12.01.2018)

Figura 69. Meredith Woolnough, *Leaf Lines II*, bordado y alfileres sobre papel, 43,5x156,5cm (2017). Fuente: http://meredithwoolnough.com.au/leaf-lines (Consultado el 18.12.2018)

Figura 70. Meredith Woolnough, *Caladium*, bordado y alfileres sobre papel, 66x81,5cm (2016). Fuente: http://meredithwoolnough.com.au/past-work#/new-gallery-18/ (Consultado el 18.12.2018)

Figura 71. Meredith Woolnough, *Nature Studies*, bordado y alfileres sobre papel, 40x40cm c/u (2015). Fuente: http://meredithwoolnough.com.au/past-work#/small-works/ (Consultado el 18.12.2018)

Figura 72. Kazuhito Takadoi, *Nai 3* (*Missing 3*), hierba roja y verde, pan de oro en papel japonés hecho a mano. 62x51cm (2016). Fuente: https://www.jaggedart.com/artists/kazuhito-takadoi/nai-3-missing-3-2016 (Consultado el 13.07.2019)

Figura 73. Kazuhito Takadoi, *Nekko* (*Root*),ramas de espino y cordel de lino encerado, 170x80x12cm (2016). Fuente: https://www.jaggedart.com/artists/kazuhito-takadoi/nekko-root-2016 (Consultado el 13.07.2019)

Figura 74. Hilary Waters Fayle, *Flora* (sin fecha). Fuente: https://www.hillarywfayle.com/work#/new-page/ (Consultado el 17.03.2018)

Figura 75. Diana Scherer, *Interwoven #1*, tierra, semillas y raíces, 110x100cm (2015). Fuente: https://www.vice.com/nl/article/vbga78/het-ondergrondse-vlechtwerk-van-een-amsterdamse-plantkunstenaar (Consultado el 21.06.2019)

Figura 76. Diana Scherer, *Rugs*, tierra, semillas y raíces, 400x150cm (2016-2017). Fuente: http://dianascherer.nl/wp-content/uploads/2016/11/IMG_1369-441x459.jpg (Consultado el 17..06.2019)

Figura 77. Diana Scherer, *Rootbound #2*, raíces de plantas, 1050x1366cm (2017-2018). Fuente: https://www.irenebrination.com/irenebrination_notes_on_a/2020/01/diana-scherer-droog.html (Consultado el 12.02.2020)

Figura 78. Christa Sommerer y Laurent Mignonneau, *Interactive Plant Growing*, instalación digital interactiva (1992). Fuente: http://www.alan-shapiro.com/from-the-technological-herbarium-interactive-plant-growing-and-trans-plant-by-christa-sommerer-and-laurent-mignonneau/ (Consultado el 15.09.2018)

Figura 79. Christa Sommerer y Laurent Mignonneau, *Eau de Jardin*, instalación digital interactiva (2004). Fuente: http://eldadodelarte.blogspot.com/2011/07/christa-sommerer-laurent-mignonneau-en.html (Consultado el 13.09.2018)

Figura 80. Claude Monet, *Los Nenúfares,* óleo sobre lienzo (1920-1926). Detalle. Fuente: https://www.pinturay artistas.com/museo-de-la-orangerie-en-paris-y-los-nenufares-de-claude-monet/ (Consultado el 02.04.2020)

Figura 81. Christa Sommerer y Laurent Mignonneau, *Translplant*, instalación digital interactiva (1995). Fuente: http://www.medienkunstnetz.de/works/trans-plant/ (Consultado el 13.09.2018)

Figura 82. Ronald van der Meijs, *Time Capsule of Life* (imagen general y detalle), plástico, latón, tubos de aire de pvc, bomba de aire, detectores de movimiento, 550x300x200cm (2013). Fuente: https://www.ronaldvandermeijs. nl/ A-Time-Capsule-of-Life (Consultado el 13.07.2018)

Figura 83. Ronald van der Meijs, *Time Capsule of Life 2.0*, latón, plástico, tubos de aire de pvc, interruptor de aire, bomba de aire, detector de movimiento, 110x120x400cm (2015). Fuente: https://www.ronaldvandermeijs.nl/Time-capsule-of-life-2-0 (Consultado el 17.07.2018)

Figura 84. Escenas de la recolección de la miel. Izquierda: Tumba de Pabasa, Luxor, Egipto (c. 650 a.e.c.). Derecha: Cueva de Araña, Valencia, España (entre el 9000 a.e.c. y el 6000 a.e.c.). Fuente: https://www.pinterest.es/pin/522206519279731618/ y https://www.auladehistoria.org/ 2015/11/ comentario-cueva-la-arana-bicorp.html (Consultado el 12.05.2019)

Figura 85. Bodegones con insectos. De izquierda a derecha y de arriba abajo: Jan van Huysum, *Flower Still Life*, óleo sobre tabla (1724); Rachel Ruysch, *Still Life With Fruit, Bird's Nest and Insects*, óleo sobre tabla (s. XVIII); Jan van Kessel el Viejo, *Insects and a Sprig of Rosemary*, óleo sobre tabla (1653); Paulus Theodorus van Brussel, *Still life of flowers and fruit on a stone ledge*, óleo sobre tabla (1787). Fuente: https://tfeanda.files.wordpress. com/2014/08/still-life-1724.jpg, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ruysch,_Rachel_-_Flower_Still-Life.jpg, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Jan_van_Kessel_(I)_-_A_still_life_ study_of_insects_on_a_sprig_of_rosemary_with_butterflies,_a_bumble_bee,_beetles_and_other_insect s.jpg y https://www.richardgreen.com/artwork/bk1-paulus-theodorus-van-brussel-still-life-of-flowers-and-fruit-on-a-stone-ledge/ (Consultado el 10.03.2018)

Figura 86. Maria Sibylla Merian, *Metamorphosis Insectorum Surinamensium*, placas 20 y 29 (1705). Fuente: https://www.theatlantic.com/science/archive/2016/01/the-woman-who-made-science-beautiful/ 424620/. (Consultado el 18.04.2018)

Figura 87. Insectos. Obras Art Nouveau. De izquierda a derecha: anisóptera. Joya realizada por el diseñador francés, René Lalique; mesa de madera con imágenes florales e insectos realizada por el artista y diseñador francés, Emile Gallé. Detalle. Fuente: https://www.pinterest.es/pin/517843657134488072/ y http://drouotstatic.zonesecure.org/ images/perso/full/LOT/114/27908/9_4.jpg (Consultado el 12.03.2019)

Figura 88. Mark Fairnington, *Specimen 4*, óleo sobre lienzo, 215x183cm (2000). Fuente: http://www.markfairnington.com/page7.htm (Consultado 15.08.2019)

Figura 89. Lorenzo Possenti, *Aiolocaria Hexaspilota*, *Ecofauna*, 22x15cm (sin fecha). Fuente: http://www.ecofauna.com/ (Consultado 15.08.2019)

Figura 90. Cornelia Hesse-Honegger, *Chernobyl*: *Striped Bug* (1988), *Scentless Plant Bug* (1988-1989), *Tree Bug* (1995), acuarela sobre papel. Fuente: http://www.wissenskunst.ch/uk/completed-studies/switzer land/6/, http://www.wissenskunst.ch/uk/completed-studies/switzerland/1/ y http://www.wissens kunst.ch/uk/completed- studies/switzerland/nuclear-power-plants-in-switzerland/ (Consultado el 12.05.2019)

Figura 91. M.C. Escher, *Metamorphosis II*, grabado en madera, 19,2×389,5cm (1940). Imagen fragmentada en cuatro partes secuenciadas. Fuente: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/en/2/2c/Escher%2C_ Metamorpho sis_II.jpg (Consultado el 28.03.2020)

Figura 92. M.C. Escher. *Metamorphosis II*. Detalle. Fuente: https://external-preview.redd.it/dLYvIWg2s7pIfkzek_ sYZKJTInkFxDieQZ3A1OV2RF0.jpg?auto=webp&s=42367b74971436080e6de3c82ff6141c6adf95a8 (Consultado el 28.03.2020)

Figura 93. April Vollmer, *Cranefly Moon*, impresión xilográfica, 17,50x17,5cm (2016). Fuente: https://www.aprilvollmer.com/#jp-carousel-5430 (Consultado el 15.05.2019)

Figura 94. April Vollmer, *Cranefly Rotation I*, impresión xilográfica, 43x53cm (2016). Fuente: https://www.aprilvollmer.com/#jp-carousel-5431 (Consultado el 15.05.2019)

Figura 95. Alan Bur Johnson, *The Swarm in Whitfield*, foto transparencias, marcos metálicos, alfileres de disección, 110,5x209,5cm (2015). Imagen general y detalle. Fuente: https://www.alanburjohnson.com/swarm/ n6e3j9fsvxx thkwdvmhq77fcm6ss8w y https://www.alanburjohnson.com/swarm/u3uzv9qvwocde 803exgty8dnsvc 0wi (Consultado el 03.03.2019)

Figura 96. Gail Wight, *The Hexapodarium*, impresión sobre papel *Moab Slickrock Pearl*, 40,5x40,5cm (2014). Fuente: https://web.stanford.edu/~gailw/Wight_Projects/Hexapod.html (Consultado el 06.03.2019)

Figura 97. Gail Wight, *The Land of Flies*, impresión sobre papel *Moab Slickrock Pearl*. 38x305cm c/u (2014). Fuente: https://web.stanford.edu/~gailw/Wight_Projects/Flyland.html (Consultado el 06.03.2019)

Figura 98. Stan Brakhage. *Mothlight* (1963). Collage sobre cinta de vídeo. Proceso de creación. Fuente: http://ci13.cmoa.org/calendar/2013/10/22/stan-brakhage-s-mothlight y https://www.pinterest.es/pin/203084264431579540/ (Consultado el 05.05.2019)

Figura 99. Kazuo Kadonaga, *Silk Nº1*, 77x77cm (1986). Fuente: http://www.kazuokadonaga.com/aw-silk1.html (Consultado el 07.05.2019)

Figura 100. Yanagi Yukinori, *Union Jack Ant Farm*, hormigas, arena coloreada, cajas de plástico y tubos de plástico. 40X60cm (1994). Fuente: http://www.yanagistudio.net/works/antfarmproject01_view_eng.html (Consultado el 15.13.2019)

Figura 101. Hubert Duprat, *Trichopterae* (1980-2012). Fuente: http://ssaft.com/Blog/dotclear/public/WindowsLive Writer/FreakyFridayParasite_8BDA/image_8.png (Consultado el 20.02.2018)

Figura 102. Wolfgang Buttress, *The Hive* (2015). Fuente: https://www.pinterest.cl/pin/458804280791147532/ (Consultado el 18.03.2019)

Figura 103. Instrumental médico, templo de Kom Ombo (180-47 a.e.c.). Fuente: https://en.wikipedia.org/wiki/Blunt_dissection#/media/File:KomOmbo03.jpg (Consultado el 23.12.2019)

Figura 104. Oculista curando el ojo a un artesano. Tumba de Ipuy (1279–1213 a.e.c). Fuente:https://www.facebook.com/pharaonic.woman/photos/pcb.3900200623353455/3900196880020496/?type=3&theater (Consultado el 15.04.2020)

Figura 105. Leonardo da Vinci, *Estudios anatómicos del hombro* (1510). En *Manuscrito anatómico A* (1510-1511). Fuente: https://fr.m.wikipedia.org/wiki/Fichier:Leonardo_da_Vinci_-_Anatomical_studies_of_the_shoulder._WGA12824.jpg (Consultado el 04.11.2018)

Figura 106. Ludovico Cardi, *Écorché*, figura de cera, 58cm (c. 1600). Fuente: http://www.sothebys.com/es/auctions/ecatalogue/2017/master-paintings-and-sculpture-day-sale-n09813/lot.333.html (Consultado el 28.12.2019)

Figura 107. De izquierda a derecha: William Smellie, dibujo fetal, Tabla 29 del tratado *A Sett of Anatomical Tables* (1754) y Juan Cháez y Luigi Franceschi, modelo fetal de cera (s. XVIII). Fuente: Sánchez Ortiz, A., Del Moral, N. y Micó, S. (2012). Entre la Ciencia y el Arte. Ceroplástica Anatómica para el Real Colegio de Cirugía de San Carlos (1786-1805). *Archivo Español de Arte,Vol 85*, N.º 340, oct-dic. 2012, pp. 329-349. https://doi.org/10.3989/aearte.2012.v85.i340.518. Pág 338.

Figura 108. Clemente Susini, *Venerina*, modelo anatómico de cera (c. 1782). Fuente: https://gabmusanablog.wordpress.com/2017/08/01/alien-y-los-gabinetes-de-maravillas-o-la-fina-linea-entre-historia-de-la-ciencia-y-ciencia-ficcion-o-aquello-humano-y-aquello-no-humano/ (Consultado el 15.05.2018)

Figura 109. Joseph Towne, modelo anatómico de cabeza con los síntomas de la sífilis, reproducción en cera(c. 1840). Fuente: https://en.wikipedia.org/wiki/Joseph_Towne#/media/File:Museum_of_London_Wax_head_06082013.jpg (Consultado el 17.05.2018)

Figura 110. Max Brödel, ilustración anatómica del corazón, lápiz de carbón y polvo sobre papel (c. 1917). Fuente: https://www.reddit.com/r/medicalillustration/comments/ema748/max_br%C3%B6del _heart_ dissection_1917/ (Consultado el 15.01.2020)

Figura 111. Santiago Ramón y Cajal, *Álbum anatómico,* ilustración, acuarela sobre papel (1878). Fuente: http://blog.biblioteca.unizar.es/wp-content/uploads/2019/10/cajal_atlas_1.jpg (Consultado el 04.11.2019)

Figura 112. Tatyana Yanishevsky, *How do I Regenerate my Heart?*, hilo, acero, LED, interruptor, 25,5x20,3x15,2cm (2010). Fuente: https://human.knitplants.com/ (Consultado el 15.06.2019)

Figura 113. Tatyana Yanishevsky, *You Take my Breath Away* (incluye *How do I regenerate my heart?*), hilo, acero, interruptor, ventiladores (2012). Fuente: https://human.knitplants.com/ (Consultado el 15.06.2019)

Figura 114. Giselle Vitali, *Packaging Pattern*, *Universo Musculante*, ilustración digital (sin fecha). Fuente: https://streetanatomy.com/2015/02/24/giselle-vitalis-muscle-pattern-experiments/ (Consultado el 30.09.2018)

Figura 115. FMR, *Sin título*, *Silk me Back*, impresión sobre seda (2011). Fuente:https://fenrisranger.tumblr.com/post/40506407840/silk-me-back-arterial-kimono-gorgeous-kimono (Consultado el 31.10.2019)

Figura 116. Ilustraciones de hombre musculoso. Vista frontal y vista posterior. Los círculos a cada lado de la cabeza muestran los cuatro supuestos ventrículos del cerebro. Tratado médico inglés atribuido a Pseudo-Galeno, inspirado en el trabajo de Galeno de Pérgamo (s.XV). Fuente: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Pseudo-Galen,_Claudius,_131-201_(MS.290)_Wellcome_L0073905.jpg (Consultado el 20.03.2021)

Figura 117. Leonardo da Vinci, secciones de cabeza humana (ca. 1490). En *Manuscrito anatómico B* (1489-1507/8). Fuente: https://www.researchgate.net/publication/13470110_Leonardo_da_Vinci_The _search_for _the_soul/figures?lo=1 (Consultado el 12.07.2018)

Figura 118. Leonardo da Vinci, ventrículos del cerebro de un buey (ca. 1508). En *Manuscrito anatómico B* (1489-1507/8). Fuente: https://www.researchgate.net/publication/13470110_Leonardo_da_Vinci_The_search_for_the_soul/figures?lo=1 (Consultado el 12.07.2018)

Figura 119. Cristóbal Guerra, *La gran cepa azul*, acero, cepa de vid y PVC. 193x290x260cm (2010). Fuente: https://cristobalguerra.blogspot.com/ (Consultado el 12.10.2019)

Figura 120. Cristóbal Guerra. De izquierda a derecha: *El laberinto,* acrílico sobre lona, 194x123cm; *Viento neuronal II,* acrílico sobre lona, 200x23cm; *Sinestesia* acrílico sobre lona, 220x123cm (2010). Fuente: https://cristobalguerra.blogspot.com/ (Consultado el 12.10.2019)

Figura 121. Richelle Gribble. De izquierda a derecha: *Am I right-brained or Left-brained*; *What is a Purkinje Cell*. Tinta, carboncillo y grafito sobre papel, 23x30,5cm c/u (2016). Fuente: https://www.richellegribble.com/intertwined (Consultado el 03.01.2020)

Figura 122. Richelle Gribble, *Interwined 5*, grafito, tinta, carboncillo y acuarela sobre papel, 75x60cm (2015). Fuente: https://www.richellegribble.com/intertwined (Consultado el 03.01.2020)

Figura 123. Greg Dunn, *Cortical Columns*, oro, tinta, tinte sobre panel aluminizado, 92x122cm (2014). Fuente: http://www.gregadunn.com/gold-leaf-painting-by-greg-dunn/cortical-columns/ (Consultado el 06.08.2019)

Figura 124. Greg Dunn, *Gold Cortex II*, tinta sobre oro de 22k, 122x92cm (2013). Fuente: http://www.gregadunn.com/gold-leaf-painting-by-greg-dunn/gold-cortex-ii/ (Consultado el 06.08.2019)

Figura 125. Greg Dunn, *Selfreflected*, micrograbado en oro, 244x330cm (2016). Fuente: http://www.gregadunn.com/self-reflected/self-reflected-gallery/ (Consultado el 06.08.2019)

Figura 126. Robert Morris, *Self-Portrait* (EEG), gráfico de electroencefalograma, 179,7×43,2cm (1963). Fuente: https://books.openedition.org/enseditions/3826 (Consultado el 15.11.2019)

Figura 127. Jill Scott, *Somabook*, escultura multimedia interactiva (2010/2011). Fuente: https://vimeo.com/61559326 y https://www.jillscott.org/pdf/Somabook_Brochure_JScott.pdf (Consultado el 20.09.2017)

Figura 128. Jill Scott, *Auralroots*, escultura multimedia interactiva (2015). Fuente: https://digitalekunst.ac.at/archiv/public-lectures/jill-scott/ (Consultado el 21.09.2017)

Figura 129. Jill Scott, *E-Skin*, escultura multimedia interactiva (2003-2016). Fuente: https://www.jillscott.org/artworks-current.html (Consultado el 25.09.2017)

Figura 130. Jill Scott, *Dermaland*, escultura multimedia interactiva (2008-2009). Fuente: https://vida.fundacion telefonica.com/en/2013/11/26/neuromedia-art-and-neuroscience/ (Consultado el 26.09.2017)

Figura 131. Jill Scott, *Electric Retina*, escultura multimedia interactiva (2008). Fuente: https://designing.rutgers.edu/?cat=28 (Consutado el 27.09.2017)

Figura 132. Jill Scott, *Jellyeyes*, escultura multimedia interactiva (2016-presente). Fuente: https://www.mqw.at/institutionen/q21/artists-in-residence/2018/jill-scott/ (Consultado el 15.10.2018)

Figura 133. Maurice Benayoun, *Brainfactory*, instalación (2016). Fuente: https://benayoun.com/moben/2016/12/26/brain-factory-prototype-2/brainfactoryseoul341a5526s-2/ (Consultado el 19.09.2017)

Figura 134. Maurice Benayoun, *Brainfactory*, objetos tridimensionales impresos en 3D (2016). Fuente: https://benayoun.com/moben/2016/12/26/brain-factory-prototype-2/ Consultado el 19.09.2017)

Figura 135. Suzanne Anker, *Zoosemiotics* (1991-1999). Exposición *Devices of Wonder* celebrada en 2001 en *The Getty Museum*, Los Angeles (EE.UU). Vista general de la instalación. Fuente: http://suzanneanker.com/artwork/?wppa-album=15&wppa-photo=260&wppa-occur=1 (Consultado el 18.09.2018)

Figura 136. Suzanne Anker, *Zoosemiotics* (1991-1999). Exposición *Devices of Wonder* celebrada en 2001 en *The Getty Museum*, Los Angeles (EE.UU). Detalle de la instalación. Fuente: https://www.researchgate.net/publication/238487684_Technogenesis_Aesthetic_Dimensions_of_Art_and_Biotechnology/figures?lo=1 (Consultado el 02.01.2019)

Figura 137. Dennis Ashbaugh, *Designer Gene*, técnica mixta sobre lienzo, 185,4x274,3cm (1992). Fuente: https://www.researchgate.net/publication/11010310_The_influence_of_genetics_on_contemporary_art/figures (Consultado el 05.01.2019)

Figura 138. Kevin Clark, *Selfportrait in Ixuatio* (1988). Fuente: https://www.kevinclarke.com/portraits/works/ (Consultado el 12..02.2019)

Figura 139. Kevin Clark, *Portrait of Jeff Koons* (1993). Fuente: http://www.galerie-von-stechow.com/en/kevin-clarke-2/ (Consultado el 18.08.2019)

Figura 140. Mark Quinn, *DNA Portrait of Sir John Sulston*, acero inoxidable, gel policarbonato de agar, colonia de bacterias, ADN humano, 12,7x8,5cm (2001). Fuente: http://marcquinn.com/artworks/single/dna-portrait-of-sir-john-sulston (Consultado el 19.02.2018)

Figura 141. Mark Quinn, *Cloned DNA Self Portrait*, acero inoxidable, gel policarbonato de agar, colonias de bacterias, ADN humano, 26,2x20,5cm (2001). Fuente: https://www.pinterest.co.uk/pin/ 415034921892358566/ (Consultado el 05.01.2018)

Figura 142. Mark Quinn, *Family Portrait*, acero inoxidable, gel policarbonato de agar, colonias de bacterias, ADN humano, 26,5x82cm (2001). Fuente: http://marcquinn.com/artworks/single/family-portrait-cloned-dna1 (Consultado el 15.03.2019)

Figura 143. Mark Quinn, *DNA Garden*, marco de acero inoxidable, gel policarbonato de agar, colonias de bacterias, ADN de 75 plantas y ADN de 2 humanos, 87,5x320cm (2001). Fuente: http://marcquinn.com/artworks/single/dna-garden (Consultado el 15.03.2019)

Figura 144. George Gessert. De izquierda a derecha: *Hybrid 488*, fotografía (1990-1994) y *Natural Selection*, libro de artista (1994). Fuente: http://geneticsandculture.com/genetics_culture/pages_genetics_culture/gc_w02/gc_w02_gessert.htm (Consultado el 02.03.2017)

Figura 145. Eduardo Kac, *Edunia*, *Natural History of Enigma* (2003-2008). Fuente: https://www.ekac.org/nat.hist.enig.html (Consultado el 12.07.2018)

Figura 146. Eduardo Kac, *Singularis*, *Natural History of Enigma* (2008). Fuente: http://www.pa25.org/artist/eduardo-kac/#PhotoSwipe1588325178575 (Consultado el 01.05.2020)

Figura 147. Eduardo Kac, *Edunia*, *Natural History of Enigma* (2003-2008). Proceso de la modificación genética de la flor con el gen del artista. Fuente: https://www.ekac.org/edunia.makingof.html (Consultado el 12.07.2018)

Figura 148. Eduardo Kac, *GFP Bunny* (2000). Fuente: http://www.ekac.org/gfpbunny.html#gfpbunnyanchor (Consultado el 15.05.2018)

Figura 149. Robert Hooke, *On the schematisme or texture of cork*. En *Micrografia* (1665). Fuente: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:RobertHookeMicrographia1665.jpg (Consultado el 16.01.2019)

Figura 150. Robert Hooke, *Illustration of the Flee*. En *Micrografia* (1665). Fuente: https://www.bl.uk/learning/timeline/large107702.html (Consultado el 12.02.2019)

Figura 151. Santiago Ramón y Cajal, estructura de los centros nerviosos de las aves (1905). Fuente: https://www.pinterest.es/pin/12033123974192424/ (Consultado el 12.03.2018)

Figura 152. Edward B. Wilson, diagrama de una célula. En *La Célula en el Desarrollo y Herencia* (1900). Fuente: Flannery, M. C. (1998). Images of the Cell in Twenieth-Century Art and Science. *Leonardo, Vol. 31*, No.3, pp. 195-204. Pág. 196

Figura 153. Bunji Tagawa, *Dyagram of the Typical Cell* (1961). Fuente: Flannery, M. C. (1998). Images of the Cell in Twenieth-Century Art and Science. *Leonardo, Vol. 31*, No.3, pp. 195-204. Pág. 196

Figura 154. David Goodsell, sección transversal simulada de la bacteria *Escherichia coli* (1992). Fuente: Flannery, M. C. (1998). Images of the Cell in Twenieth-Century Art and Science. *Leonardo, Vol. 31*, No.3, pp. 195-204. Pág. 197

Figura 155. David Goodsell, interior de una célula eucariota, acuarela sobre papel (sin fecha). Fuente: https://www.pinterest.es/pin/209065607679859290/ (Consultado el 15.04.2019)

Figura 156. Willard Wigan, *The Last Supper* (sin fecha). Fuente: http://www.brandlifemag.com/mikro-art-igne-deligindeki-sanat/ (Consultado el 15.08.2019)

Figura 157. Klaus Kemp, *Diatoms* (sin fecha). Fuente: http://blogs.reading.ac.uk/crg/advent-botany-2016-day-the-beauty-of-snowflakes-microscopic-algae/ (Consultado 12.09.2017) y https://www.smithsonianmag.com/arts-culture/secretive-victorian-artists-made-these-intricate-patterns-out-of-algae-180952720/ (Consultado el 08.10.2017)

Figura 158. Klaus Kemp. Proceso de trabajo. Realización de composiciones de diatomeas con el microscopio. Fuente: https://vsemart.com/wp-content/uploads/2014/09/Klaus-Kemp-arranging-diatoms-under-the-microscope.jpg (Consultado el 30.09.2019)

Figura 159. Rose-Lynn Fisher, *Beatrice*, *BEEyond,* micrografía de la abeja aumentada 15x (2010). Fuente: https://www.artnet.com/auctions/artists/rose-lynn-fisher/lucie-foundation-benefit-auction-beatrice-15x (Consultado el 27.10.2019)

Figura 160. Rose-Lynn Fisher, *In the end It didn´t matter #65*, *Topography of Tears*, micrografía de lágrimas secas (2008-2017). Fuente: http://www.rose-lynnfisher.com/tears.html (Consultado el 11.10.2017)

Figura 161. Martin Oeggerli, *Revealing the Secret Life of Pollen*, micrografía coloreada a mano (sin fecha). Fuente: https://funguerilla.com/martin-oeggerli-revealing-the-secret-life-of-pollen/ (Consultado el 30.11.2019)

Figura 162. Martin Oeggerli, *Cethosia*, micrografía coloreada a mano (sin fecha). Fuente: http://tywkiwdbi.blogspot.com/2010/08/butterfly-eggs.html (Consultado el 05.10.2017)

Figura 163. Rob Kesseler, *Calamus aruensis*, *Canopy*, micrografía coloreada a mano (2008). Fuente: http://www.robkesseler.co.uk/index.php/projects/canopy_-_200811/canopy/ (Consultado el 17.06.2017)

Figura 164. Rob Kesseler, *Polen: the Hidden Sexuallity of Flowers* (2004). Portada del libro. Fuente: http://www.robkesseler.co.uk/index.php/publications/pollen/ (Consultado el 13.12.2016)

Figura 165. Rob Kesseler, *Seeds: Time Capsule of Life* (2006). Portada del libro. Fuente: http://www.robkesseler.co.uk/index.php/publications/seeds/ (Consultado el 12.12.2016)

Figura 166. Rob Kesseler, *Fruit: Edible, Inedible, Incredible* (2008). Portada del libro. Fuente: http://www.robkesseler.co.uk/index.php/publications/fruit/ (Consultado el 13.12.2016)

Figura 167. Ken Rinaldo, *Bee Seed*, impresión digital sobre papel (2013). Fuente: https://www.kenrinaldo.com/portfolio/seed-series-2013-portugal/ (Consultado el 19.09.2016)

Figura 168. Ken Rinaldo, *Worm Seed*, impresión digital sobre papel (2013). Fuente: https://www.kenrinaldo.com/portfolio/seed-series-2013-portugal/ (Consultado el 19.09.2016)

Figura 169. Karen Kamenetzky, *The Seed Dreaming*. De izquierda a derecha: *Biome IV*, seda, lana, fieltro, 35,5x35,5x3,8cm; *Seed Dreaming IV*, seda, lana, fieltro, 80x101,5cm (2015). Fuente: https://blog.karenkamenetzky. com/2015/02/ (Consultado el 12.05.2016) y http://www.karenkamenetzky.com/individual_pages/seed_dreamingIV.html (Consultado el 13.5.2016)

Figura 170. Gregory Dressler, micrografía de un vaso sanguíneo humano. Sección. Fuente: http://www.fiberartists-looseends.com/Bioartography/Arterial%20Dream.html (Consultado el 23.02.2018)

Figura 171. Judy Busby, *Arterial Dream* (2009). Fuente: http://www.fiberartists-looseends.com/Bioartography/Arterial%20Dream.html (Consultado el 23.02.2018)

Figura 172. Michael Dame, micrografía de un fibroblasto (célula de piel humana). Fuente: http://www.fiberartists-looseends.com/Bioartography/Fibroblasting.html (Consultado el 23.02.2018)

Figura 173. Judy Busby, *Fibroblasting* (2009). Fuente: http://www.fiberartists-looseends.com/Bioartography/Fibroblasting.html (Consultado el 23.02.2018)

Figura 174. Robert Kesseler, *Lens on Life* (2014). De izquierda derecha: dibujos realizados con tinta india y tintes de anilina; esculturas de vidrio. Fuente: https://cocultures.com/portfolio/lens-on-life-2/#jp-carousel-110 y https://cocultures.com/portfolio/lens-on-life-2/#jp-carousel-107 (Consultado el 15.05.2018)

Figura 175. Ken y Julia Yonetani, *Imagine Tree*, vídeo (2011). Fuente: http://kenandjuliayonetani.com/en/works/imaginetree/ (Consultado el 05.05.2016)

Figura 176. Ken y Julia Yonetani, *Breathing Tree*, instalación escultórica (2012). Fuente: http://kenandjuliayonetani.com/en/works/breathingtree/ y http://www.thecloudscape.com.au/wp-content/uploads/2012/11/Ken-Julia-Yonetani-Artists-05.jpg (Consultado el 18.07.2016)

Figura 177. Mandelbrot. Fractales algorítmicos. Fuente: https://imgur.com/gallery/1hWrf (Consultado el 12.07.2018)

Figura 178. Simetrías. De izquierda a derecha: simetría bilateral, simetría translatoria, simetría rotacional y simetría ornamental. Fuente: https://blogdeplasticajesus.wordpress.com/2014/10/03/leyes-compositivas/, https://www.pinterest.es/pin/512354895100582583/, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Vit_n%C3%A4ckros_(Nymphaea_alba)_p%C3%A5_Viren,_Tingsryds_kn_0258.jpg y https://nl.pinterest.com/pin/ 728949889667463506/ (Consultado el 15.08.2018)

Figura 179. Espiral de Fibonacci. Fuente: https://lamenteesmaravillosa.com/el-hombre-vitruvio-el-enigmatico-dibujo-de-da-vinci/ (Consultado el 05.12.2019)

Figura 180. Belousov-Zablatinsky, *Reacción Belousov-Zablatinsky*. Creación de patrones realizados por reacción química. Fuente: https://www.researchgate.net/publication/273323954_Forging_patterns_and_making_waves_from_biology_to_geology_A_commentary_on_Turing_1952_%27The_chemical_basis_of_morphogenesis%27/figures?lo=1 (Consultado el 18.07.2017)

Figura 181. Gail Wight, *Solar Burn*, papel de vitela quemada, 50,5x40,5cm (2011). Fuente: https://web.stanford.edu/~gailw/Wight_Projects/Solar.html (Consultado el 18.10.2017)

Figura 182. Gail Wight, *Under the Influence*, papel vitela quemada, 122x91,5cm (2012). Fuente: https://web.stanford.edu/~gailw/Wight_Projects/Influence.html (Consultado el 18.10.2017)

Figura 183. Meredith Woolnough, *Typologies*, instalación, 70x70cm (2015). Fuente: https://meredithwoolnough.com.au/past-work#/typologies/ (Consultado el 14.04.2017)

Figura 184. Roland Flexner, *#36* y *#15*, *Bubbles*, tinta sobre papel (años 90). Fuente: http://rolandflexner.com/?page_id=134 (Consultado el 05.04.2016)

Figura 185. Pernille Snedker Hansen, *Refraction*, *Marbelous Wood*, marmoleado sobre madera (2013). Fuente: https://www.snedkerstudio.dk/exhibitions (Consultado el 18.03.2017)

Figura 186. Procesos creativos *suminagashi* y *ebru*. De izquierda a derecha: *suminagashi* utiliza el agua; *ebru* utiliza una mezcla de agua con polvo de algas u otros tipos de polvos de cola o de musgo irlandés. Fuente: https://www.japansociety.org/event/suminagashi-japanese-marbling y http://cipevents.com/event/workshop-on-the-turkish-art-of-marbling-ebru-74/ (Consultado el 12.01.2019)

Figura 187. Matthew Shlian, *Ara 211*, *Chirality*, 122x210x18cm (2016). Fuente: https://www.mattshlian.com/2016 (Consultado el 14.04.2017)

Figura 188. Gail Wight, *Ground Plane,* impresión digital sobre papel, 107x107cm (2008). Fuente: https://web.stanford.edu/~gailw/Wight_Projects/Ground.html (Consultado el 20.10.2017)

Figura 189. Gail Wight, *Kit*, impresión digital sobre lienzo, 111,5x265cm (2010). Fuente: https://web.stanford.edu/~gailw/Wight_Projects/Kit.html (Consultado el 20.10.2017)

Figura 190. Emanuele Fornasier, *Crystal Birth*, vídeo (2016). Fotogramas del proceso de cristalización de diferentes metales. Fuente: https://vimeo.com/137625468 (Consultado el 23.10.2017)

Figura 191. John Edmark, *Blooms*, impresión 3D (2014). Fuente: https://sciencenode.org/visualization/strobe-animated-fibonacci-blooms.php (Consultado el 15.02.2017)

Figura 192. John Edmark, *Blooms 2*, impresión 3D (2016). Fuente: https://www.bsomultimedia.com/bsommedia/en/phi-fibonacci-by-john-edmark/ (Consultado el 12.12.2018)

Figura 193. John Edmark, *Helicone*, escultura cinética. Detalle, mecanismo de la escultura. Fuente: https://www.youtube.com/watch?v=OFI1FJcGLeM (Consultado el 15.05.2019)

Figura 194. John Edmark, *Helicone*, escultura cinética (2015). Fuente: https://mymodernmet.com/es/john-edmark-helicone/ (Consultado el 12.05.2019)

Figura 195. John Edmark, *Cactus, Natural Bloom* (2015). Fuente: https://www.johnedmark.com/natural-blooms-1/2016/4/29/stop-motion-animated-cactus-1-an-example-of-a-naturally-occurring-bloom (Consultado el 12.12.2018)

Figura 196. Chico MacMurtrie, *Organic Arches*, instalación (2014). Estados: inflado y desinflado. Fuente: https://www.artmagazin.hu/archive/3515 (Consultado el 16.02.2018)

Figura 197. Chico MacMurtrie, *Biomorphic Wall*, instalación (2015). Fuente: https://amorphicrobotworks.org/biomorphic-wall (Consultado el 16.02.2018)

Figura 198. Karl Sims, *Reaction Difusion Media Wall* (2016). Fuente: https://www.karlsims.com/rd-exhibit.html (Consultado el 15.06.2017)

Figura 199. Karl Sims, *Reaction Difusion Media Wall* (2016). Patrones. Fuente: https://www.karlsims.com/rd-exhibit.html (Consultado el 15.06.2017)

Figura 200. Natalie Settles, *The Evolving Wallpaper*, proyección digital interactiva (2011-2014). Simulación virtual de imagen general y de variaciones de patrones. Fuente: http://nataliesettles.com/evolving-wallpaper.php (Consultado el 22.01.2019)

Figura 201. Marius Watz, *ArcSurf*, dibujo con láser, 20x30cm (2012). Fuente: http://mariuswatz.com/2012/03/08/arcsurf-drawings/ (Consultado el 17.09.2017)

Figura 202. Marius Watz, *ArcSurf*, dibujo con láser, 20x30cm (2012). Detalle. Fuente: http://mariuswatz.com/2012/03/08/arcsurf-drawings/ (Consultado el 17.09.2017)

Figura 203. Marius Watz, *Ucracking*, imagen generativa (2014). Fuente: http://mariuswatz.com/2014/12/25/ucracking/ (Consultado el 17.09.2017)

Figura 204. De izquierda a derecha y de arriba abajo: Salvador Dali, *Rainy Taxi* (1938), caracoles vivos; Joseph Beuys *I Like America and America Likes Me* (1974), performance con coyote; Jannis Kounellis *Untitled* (*Cavalli*) (1969), instalación con doce caballos vivos. Fuente: http://www.artnet.com/artists/denise-bellon/le-taxi-pluvieux-cThV3-g0k1hBUq_SdpCqOw2, https://www. wikiart.org/en/joseph-beuys/i-like-america-and-america-likes-me y https://uk.phaidon.com/agenda/art/articles/2018/october/09/when-jannis-kounellis-painted-with-horses/ (Consultado el 15.01.2020)

Figura 205. Christa Sommerer y Laurent Mignonneau, *Phototropy*, instalación interactiva (1995). Fuente: http://www.interface.ufg.ac.at/christa-laurent/WORKS/FRAMES/FrameSet.html, http://www.interface.ufg. ac.at/christa-laurent/WORKS/FRAMES/FrameSet.html y https://www.youtube.com/watch?v=EI6IWPZwHPQ (Consultado el 18.02.2020)

Figura 206. Karl Sims, *Galapagos*, instalación interactiva (1997). Fuente: https://www.nttcc.or.jp/en/archive/works/galapagos/ (Consultado el 11.12.2019)

Figura 207. Karl Sims, *Galapagos*, instalación interactiva (1997). Organismos sintéticos creados con formas y colores aleatorios. Fuente: https://karlsims.com/galapagos/galapagos-images.html (Consultado el 11.12.2019)

Figura 208. Gail Wight, *Recursive Mutations*, impresiones sobre papel de arroz intervenidas por ratones, 25,5x30,5cm c/u (2003). Fuente: https://web.stanford.edu/~gailw/Wight_Projects/Mutations.html (Consultado el 21.02.2018)

Figura 209. Aki Inomata, *Why not hand over a shelter to hermit crabs?*, impresión 3D (2009-2017). Fuente: https://lucklife.cc/3d-printed-metropolis-shells-for-hermit-crabs-by-aki-inomata/ (Consultado el 12.01.2019)

Figura 210. Ken Rinaldo, *Borderless Bacteria-Colonialist Cash,* placa de Petri con billete de yuan chino y de dólar estadounidense con bacterias, hongos y virus en agar-agar (2017). Fuente: https://www.kenrinaldo.com/portfolio/borderless-bacteria-colonialist-cash/ (Consultado el 19.09.2016)

Figura 211. Paul Vanouse, *Labor*, instalación con cultivo bacteriano (2014-presente). Fuente: http://www.paulvanouse.com/labor.html (Consultado el 03.10.2017)

Figura 212. Joe Davis, *Bacterial Radio* (2012). Fuente: https://www.clotmag.com/biomedia/joe-davis (Consultado el 23.05.2018)

Figura 213. Anna Dimitriu, *MRSA Quilt*, tela de algodón teñida con cultivos bacterianos (2012). Fuente: https://annadumitriu.co.uk/portfolio/the-mrsa-quilt/ (Consultado el 12.5.2020)

Figura 214. Anna Dimitriu, *Genius Germ*, *Romantic Desease* (2014). Fuente: https://www.ascus.org.uk/menagerie-of-microbes-eisf-2016/ (Consultado el 15.03.2018)

Figura 215. Anna Dumitriu, *Blue Henry*, *Romantic Desease* (2014). Fuente: https://annadumitriu.co.uk/portfolio/blue-henry/ (Consultado 12.5.2020)

Figura 216. Anna Dumitriu, *Pneumothorax Machine*, *Romantic Desease* (2014). Fuente: https://annadumitriu.co.uk/portfolio/pneumothorax-machine/ (Consultado 12.5.2020)

Figura 217. Anna Dimitriu, *Where there's dust there's danger*, *Romantic Desease* (2014). Fuente: http://artlaboratory-berlin.blogspot.com/2014/10/ (Consultado el 15.05.2020)

Figura 218. Anna Dimitriu, *Burden*, *Romantic Desease* (2014). Fuente: https://annadumitriu.co.uk/portfolio/burden/ (Consultado el 15.05.2020)

Figura 219. Anna Dimitriu, *Microbe Mouth* (2016). Fuente: https://annadumitriu.co.uk/portfolio/microbe-mouth/ (Consultado el 04.04.2020)

Figura 220. Ionat Zurr y Oron Catts, *Victimless Leather*, *The Tissue Culture and Art Project* (2004). Fuente: https://tcaproject.net/portfolio/victimless-leather/ (Consultado el 02.10.2017)

Figura 221. Ionat Zurr y Oron Catts, *NoArk*, *The Tissue Culture and Art Project* (2007). Fuente: http://www.artisttalk.eu/wp-content/uploads/2012/12/Oron-Catts-and-Ionat-Zurr-Noark.jpg y https://www.tca.uwa.edu.au/images/images/red.jpg (21.12.2019)

Figura 222. Muñecas quitapenas. Objetos de tradición popular originarios de Guatemala y algunas partes de México. Fuente: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/ca/Worry_dolls.jpg (Consultado el 20.04.2020)

Figura 223. Ionat Zurr y Oron Catts, *Semi-Living Worry Dolls, The Tissue Culture and Art Project* (2000). Fuente: https://newatlas.com/visceral-exhibit-showcases-art-made-with-living-tissue/17889/#gallery:1 (Consultado el 15.12.2018)

Figura 224. Ionat Zurr y Oron Catts, *Pig Wings*, *The Tissue Culture and Art Project* (2000-2001). Fuente: https://tcaproject.net/portfolio/pigs-wings/ (Consultado el 22.12.2018)

Figura 225. Ionat Zurr y Oron Catts, *Extra Ear – ¼ Scale*, *The Tissue Culture and Art Project* (1997-2007). Fuente: https://www.clotmag.com/wp-content/uploads/2016/04/11.jpg (Consultado el 25.05.2018)

Figura 226. Stelarc, *Ear on Arm* (2007). Fuente: http://stasick.org/category/ars-electronica (Consultado el 15.01.2019)

Figura 227. Guy Ben Ary, *CellF* (2015). Fuente: https://ooe.orf.at/v2/news/stories/2864346/ (Consultado el 20.04.2019)

Figura 228. Guy Ben Ary, *MEART-The Semi-Living Artist* (2001-2006). Detalle, parte robótica. Fuente: http://guybenary.com/work/meart/#Gallery (Consultado el 19.09.2017)

Figura 229. Guy Ben Ary, *MEART-The Semi-Living Artist*(2001-2006). Retratos realizados por un brazo robótico. Cada dibujo representa a una de las persona mostradas en las fotografías. Fuente: http://guybenary.com/work/meart/ (Consultado el 19.09.2017)

Capítulo 6

Figura 230. Gyoergy Kepes, *Center for Advanced Visual Studies* (CAVS), MIT, Cambridge, Massachusetts, EE.UU (1967). Fuente: https://www.hkw.de/en/programm/projekte/veranstaltung/p_151923.php (Consultado el 21.04.2020)

Figura 231. Frank Oppenheimer, *Exploratorium*, San Francisco, EE.UU. Fuente: https://www.exploratorium.edu/about/history (Consultado el 21.04.2020)

Figura 232. Museo *Exploratorium*, Pier 15 y 17, San Francisco, EE.UU. Fuente: https://www.exploratorium.edu/photo-collection-event-rentals-full-facility (Consultado el 21.04.2020)

Figura 233. *Ars Electronica Center*, Linz, Austria. Fuente: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Linz_Ars_electronica_center_blau_MP.JPG (Consultado el 21.04.2020)

Figura 234. ZKM, Karlsruhe, Alemania. Vista de instalación *Cloud Walk* de la artista japonesa Fujiko Nakaya durante la exposición *Negative Space.Trajectories of Sculpture* celebrada en 2019. Fuente: https://zkm.de/de/ausstellung/2019/04/negativer-raum (Consultado el 22.04.2020)

Figura 235. *Arts Catalyst Centre for Art, Science & Techonogy* en Londres. Reino Unido. Exposición *Tales from the Crust* (2019) del artista chileno Ignacio Acosta. Fuente:https://www.art-agenda.com/features/303446/ignacio-acosta-s-tales-from-the-crust (Consultado el 22.04.2020)

Figura 236. *The Institute for Figuring*, EE.UU. Projecto itinerante *Crochet Coral Reef Project* (2005-presente). Exposición *Crochet Coral Reef: Toxic Seas*, Museo de Arte y Diseño en Nueva York (2016-2017). Fuente: https://diyanddragons.blogspot.com/2019/12/knitted-miscellany-felted-food-crochet.html (Consultado el 02.01.2020)

Figura 237. *The Institute for Figuring*, EE.UU. *Irish Reef*, parte del proyecto *Satelite Reefs* (2006-presente) expuesto en la *Science Gallery* en Dublín, Irlanda (2010). Fuente: https://www.pinterest.es/pin/71916925269719847/ (Consultado el 02.01.2020)

Figura 238. David Cantarero, *ETOPIA white noise*, video (2015). El proyecto desarrollado durante la residencia del artista en la Academia de Fachada Media en *Etopia*. Fuente: http://dacanto.blogspot.com/2015/07/etopia-white-noise-2015.html (Consultado el 23.04.2020)

Figura 239. *Bio Art Lab*, *School of Visual Arts* en Nueva York, EE.UU. Instalaciones del laboratorio. Fuente: https://bfafinearts.sva.edu/facility/bio-art/ (Consultado el 23.04.2020)

Capítulo 7

Figura 240. Clasificación de los creadores seleccionados para este proyecto teniendo en cuenta el lugar de su residencia. Fuente: Producción propia.

Figura 241. Clasificación de los creadores seleccionados para este proyecto teniendo en cuenta las ramas de investigación científica que tratan en su producción artística. Fuente: Producción propia.

Figura 242. Clasificación de los creadores seleccionados para este proyecto teniendo en cuenta las técnicas que usan: artes visuales, artesanía, tecnología y ciencia. Fuente: Producción propia.

Figura 243. Clasificación de los creadores seleccionados para este proyecto teniendo en cuenta su formación curricular. Fuente: Producción propia.

Figura 244. Suzanne Anker, *Vanitas in a Petri Dish*, impresión de inyección de tinta, 50x50cm c/u (2013). Fuente: http://suzanneanker.com/artwork/?wppa-album=20&wppa-photo=630&wppa-occur=1 (Consultado el 09.01.2019)

Figura 245. Suzanne Anker, *Petri´s Panoply* , 186 placas de Petri, objetos encontrados por la artista en Alemania, 91,4x244x91,4cm (2014). Detalle. Fuente: http://suzanneanker.com/artwork/?wppa-album=25&wppa-photo=496&wppa-occur=1 (Consultado el 15.01.2019)

Figura 246. Suzanne Anker, *Rainbow Loom*, 366 placas de Petri, objetos encontrados por la artista en China, 91,4x487,7x91,4cm (2014). Fuente: http://suzanneanker.com/artwork/?wppa-album=24&wppa-photo=486&wppa-occur=1 (Consultado el 15.01.2019)

Figura 247. Anna Dumitriu, *MRSA Quilt* (2012). Proceso de creación. Fuente: https://annadumitriu.co.uk/portfolio/the-mrsa-quilt/ (Consultado el 08.05.2020)

Figura 248. Oron Catts y Ionat Zurr, *Tissue Culture and Art Project* (1996-presente). De izquierda a derecha y de arriba abajo: artistas con la obra *Victimless Leather*, CEPA *Gallery*, Buffallo, EE.UU (2008); *Victimless leather* (2004). Detalle; *NoArk* (2007). Detalle; *Semi-Living Worry Dolls* (2000). Fuente: http://www.cepagallery.org/artist-residencies/featured-artist-in-residence/international- artist-in-residence/ (Consultado el 08.05.2020), https://www.wired.com/2004/10/jacket-grows-from-living-tissue/ (Consultado el 10.10.2017), http://arhiv.kiblix.org/kiblix2012/softcontrol/?p=196 (Consultado el 10.10.2017) y https://tcaproject.net/portfolio/worry-dolls/ (Consultado el 2.10.2017)

Figura 249. Guy Ben-Ary, *CellF* (2015). De izquierda a derecha: cultivo de las neuronas conectado a los sintetizadores modulares; performance con el pianista Chris Abrahams. Fuente: http://guybenary.com/work/cellf/sydney/#Performance_Images (Consultado el 08.05.2020)

Figura 250. Anna Dumitriu, *Pneumothorax Machine*, *Romantic Desease* (2014). De izquierda a derecha: Vista general de la obra; detalle. Fuente: https://www.axisweb.org/p/annadumitriu/workset/205880-pneumothorax-machine/ (Consultado el 02.04.2020)

Figura 251. Clasificación cronológica de las organizaciones dedicadas a la relación arte-ciencia-tecnología seleccionadas para este proyecto. El gráfico abarca el periodo entre el 1967-2017. Fuente: Producción propia.

Figura 252. Clasificación de las organizaciones dedicadas a la relación arte-ciencia-tecnología según su localización mundial. Fuente: Producción propia.

Figura 253. Clasificación de las organizaciones europeas dedicadas a la relación arte-ciencia-tecnología según su localización. Fuente: Producción propia.

Figura 254. Clasificación de las organizaciones dedicadas a la relación arte-ciencia-tecnología seleccionadas para este proyecto según los sectores de actividad profesional de sus fundadores: arte, ciencia y humanidades. Fuente: Producción propia.

Figura 255. Clasificación de las organizaciones dedicadas a la relación arte-ciencia-tecnología seleccionadas para este proyecto según la combinación de los sectores de actividad profesional de sus fundadores: arte, arte/ciencia, arte/humanidades, ciencia/humanidades, arte/ciencia/humanidades y entidades políticas. Fuente: Producción propia.

Figura 256. Clasificación de las organizaciones dedicadas a la relación arte-ciencia-tecnología seleccionadas para este proyecto según la programación y las actividades que proponen. Fuente: Producción propia.

Figura 257. Clasificación de las organizaciones dedicadas a la relación arte-ciencia-tecnología seleccionadas para este proyecto que ofrecen programas de residencias artísticas. La propuesta considera la colaboración del arte con el otro sector profesional (tecnología y ciencia) y la oferta del programa (consultoría, co-creación, disponibilidad de recursos, instalaciones). Fuente: Producción propia.

Figura 258. Clasificación de las entidades del sector público europeo que apoyan las actividades de organizaciones dedicadas a la relación arte-ciencia-tecnología seleccionadas para este proyecto según los países donde se encuentran. Fuente: Producción propia.

Figura 259. Clasificación de las instituciones académicas que apoyan las actividades de organizaciones europeas dedicadas a la relación arte-ciencia-tecnología seleccionadas para este proyecto. Fuente: Producción propia.

Figura 260. Clasificación de las fundaciones y las entidades del sector privado que apoyan las actividades de organizaciones europeas dedicadas a la relación arte-ciencia-tecnología seleccionadas para este proyecto. Fuente: Producción propia.

Figura 261. Clasificación de las fundaciones, las entidades del sector público y de las instituciones académicas que apoyan las actividades de organizaciones estadounidenses dedicadas a la relación arte-ciencia-tecnología seleccionadas para este proyecto. Fuente: Producción propia.

Figura 262. Clasificación de las entidades del sector público y de las instituciones académicas que apoyan las actividades de organizaciones canadienses dedicadas a la relación arte-ciencia-tecnología seleccionadas para este proyecto. Fuente: Producción propia.

Figura 263. Clasificación de las entidades del sector público, privado, fundaciones e instituciones académicas que apoyan las actividades de organizaciones australianas dedicadas a la relación arte-ciencia-tecnología seleccionadas para este proyecto. Fuente: Producción propia.

PARTE 4

Capítulo 8

Figura 264. Clasificación de modelos de producción de conocimiento según Gibbons, Nowotny, Schwartzman, Scott y Trow (1994). Fuente: Producción propia.

Figura 265. Tipología de colaboración en el ámbito académico según Hara, Solomon, Kim y Sonnenwald (2003). Colaboración complementaria se realiza con producciones separadas que construyen un proyecto común. Colaboración integradora supone construcción de un proyecto común con la participación e integración del conocimiento de todos los participantes. Fuente: Producción propia.

Figura 266. Tipología de colaboración en el ámbito académico, teniendo en cuenta la pertenencia a los departamentos, grupos de investigación o instituciones universitarias según Groboljšek et al. (2014). Colaboración intramural (dentro de un grupo especificado, departamento, grupo de investigación o universidad) y colaboración extramural (entre los profesionales pertenecientes a diferentes departamentos, instituciones o países). Fuente: Producción propia.

Figura 267. Tipología de colaboración en el ámbito académico según Shrum, Chompalov y Genuth (2007). La propuesta contempla dos clasificaciones binarias combinadas: especializada (división compartimentada de conocimientos)/no-especializada (circulación fluida de conocimientos) y horizontal (gestión compartida)/vertical(gestión jerárquica). Fuente: Producción propia.

Figura 268. Tipología de colaboración en el ámbito arte-ciencia según Roger Malina (2010). Fuente: Producción propia.

Figura 269. Clasificación de los factores que influyen al proceso colaborativo propuestos por Groboljšek et al. (2014). Factores externos recogen infraestructura, recursos y gestión de equipos. Factores internos recogen relaciones interpersonales, motivaciones y gestión del trabajo dentro del grupo. Fuente: Producción propia.

Figura 270. Clasificación de los impactos que el trabajo colaborativo aporta a los profesionales a nivel individual (perspectivas personal, laboral y social). Fuente: Producción propia.

Figura 271. Clasificación de los impactos que el trabajo colaborativo aporta a los profesionales a nivel profesional (perspectivas laboral, social y financiera). Fuente: Producción propia.

Capítulo 9

Figura 272. Tipologías de artistas que trabajan en el ámbito arte-ciencia (observador, participante y científico). Se realiza la clasificación de acuerdo al contenido de divulgación científica que utilizan, participación en actividades enseñanza-aprendizaje y grado de autonomía del artista en la realización de sus proyectos. Fuente: Producción propia.

Figura 273. Tipologías simbióticas arte-ciencia: comensalismo (beneficio unilateral, donde solo uno de los participantes en el proceso colaborativo se beneficia) y mutualismo (beneficio multilateral, donde se benefician todos los participantes en el proceso colaborativo). Fuente: Producción propia.

Figura 274. Tipología de elementos constructores de modelos de interdependencia procesal según Fleming (2011), Loveless (2016) y Schnugg (2018). Características y factores que influyen al desarrollo de la colaboración vistos a través de las estrategias organizativas, las características personales de los colaboradores y los factores externos. Fuente: Producción propia.

Figura 275. Propuesta metodológica para análisis de proyectos colaborativos arte-ciencia. Etapa introductoria, etapa de desarrollo y etapa conclusiva. Propuesta aplicada al análisis de 10 casos de colaboraciones arte-ciencia en el apartado 9.2.1 de este capítulo: Natalie Settles-Stephen Tonsor; Matthew Shlian- Max Shtein; Robert Kesseler- Melina Schuh; Wolfgang Buttress- Martin Bencsik; Jill Scott- Esther Stoeckli; Richelle Gribble –Dana Simmons; Marc Quinn- Sir John Sulston; Eduardo Kac- Louis-Marie Houdebine y Patrick Prunet; Eduardo Kac- Neil Olszewski; y Anna Dumitriu- Melissa Grant y Rachel Sammons. Fuente: Producción propia.

Figura 276. Etapa introductoria. Protocolos y modelos de interdependencia profesional. Se realiza el análisis teniendo en cuenta tres criterios: responsable que impulsa la relación (artista o organización) y la estimulación (inquietudes conceptuales del artista/propuestas específicas de proyectos); presentación mutua de los colaboradores; y elaboración de un plan de trabajo. Fuente: Producción propia.

Figura 277. Etapa de desarrollo. Protocolos y modelos de interdependencia profesional. Se realiza el análisis teniendo en cuenta el lugar dónde se desarrolla el trabajo colaborativo, el plan de horarios y la formación técnica de los colaboradores. Fuente: Producción propia.

Figura 278. Etapa conclusiva. Protocolos y modelos de interdependencia profesional. Se realiza el análisis teniendo en cuenta el tipo de relación entre colaboradores, las ventajas y beneficios que produce el proceso colaborativo y las dificultades presentes en el desarrollo del trabajo colaborativo. Fuente: Producción propia.

Figura 279. Natalie Settles- Stephen Tonsor. *The Evolving Wallpaper* (2011-2014). Sala principal del *Tonsor Laboratory* del Departamento de Ciencias Biológicas de *University of Pittsburgh* (EE.UU). Fuente: http://www.nataliesettles.com/pilgrim#ch11 (Consultado el 19.05.2020).

Figura 280. Natalie Settles- Stephen Tonsor. *The Evolving Wallpaper* (2011-2014). De izquierda derecha: planta *Arabidopsis thaliana* cultivada en el *Tonsor Laboratory*; patrón gráfico diseñado por Christopher Dresser; Natalie Settles, *Marginal*, dibujo sobre pared (2011). Detalle. *Friesen Galleries*, *Northern Nazarene University*, Idaho (EE.UU). Fuente: http://www.nataliesettles.com/pilgrim#ch11, http://www.natalie settles.com/pilgrim#ch11 y http://nataliesettles.com/marginal.php (Consultado el 19.05.2020)

Figura 281. Natalie Settles, *Ornament and Architecture*, dibujo sobre pared realizado en el espacio del *Miller Institute for Contemporary Art* de *Carnegie Mellon University* de Pittsburg durante la Bienal de Pittsburgh (2011). Fuente: http://www.nataliesettles.com/pilgrim#ch11 (Consultado el 19.05.2020)

Figura 282. Natalie Settles- Stephen Tonsor, *The Evolving Wallpaper* (2011-2014). De izquierda a derecha: boceto de la instalación; proyección digital interactiva realizada en la Catedral de Lea de la *Pittsburg University* (2014). Fuente: http://www.xsead.cmu.edu/works/100 (Consultado el 19.05.2020)

Figura 283. Matthew Shlian- Max Shtein. *Paper Engineering* (2006-2017). De izquierda a derecha: Matthew Shlian trabajando con el modelo de papel realizado con la técnica del kirigami; estructura de kirigami aplicada a células solares de arseniuro de galio, lámina de polimida estirada. Fuente: https://news.engin.umich.edu /photography/kirigami-2/ (Consultado el 12.05.2020) y https://news.engin.umich.edu/2015/09/art-inspired-solar-cells-2/#img1 (Consultado el 19.05.2020)

Figura 284. Robert Kesseler- Melina Schuh. *Lens on Life* (2014). Reuniones del artista y la científica en el MRC Laboratory of Molecular Biology (LMB) de Cambridge y en el estudio artístico de Londres. De izquierda a derecha: Kesseler visita al laboratorio de Schuh; Kesseler mostrando los dibujos realizados durante la colaboración a Schuh; Kesseler mostrando las piezas de vidrio coloreado realizadas durante la colaboración a Schuh. Fuente: https://vimeo.com/104119376 (Consultado el 13.10.2017)

Figura 285. Robert Kesseler- Melina Schuh. *Lens on Life* (2014). Proceso de creación del proyecto. De izquierda a derecha y de arriba abajo: dibujo con una mezcla de tinta negra y colorantes; lavado de tinta con el agua; producción de obras de vidrio coloreado por el fabricante Stewart Hearn; pieza de vidrio coloreado. Fuente: https://vimeo.com/104119376. (Consultado el 13.10.2017) y https://vimeo.com/158007108 (Consultado el 10.05.2020)

Figura 286. Robert Kesseler- Melina Schuh. *Lens on Life* (2014). *Zona Pellucida-Zona Lucida* (2014). Fotogramas de vídeo. Fuente: https://vimeo.com/102108678 (Consultado el 10.05.2020)

Figura 287. Wolfgang Buttress- Martin Bencsik. *The Hive* (2015). Proceso de producción de la obra. De izquierda a derecha y de arriba abajo: modelo digital de la instalación; creación del diseño de la obra; vista superior de la estructura de la instalación; vista general de la instalación. Fuente: Mateo-Garcia, M. (2016). ´The Hive´: una experiencia multisensorial que integra arte, ciencia y paisajismo. *AFL - Arquitectura en Fachadas Ligeras y Ventanas*, *Nº2*, octubre 2016, pp. 42-50. Pág. 42, 46 y 47. Recuperado de: https://www.interempresas.net/Flipbooks/AF/27/# (Consultado el 20.05.2020)

Figura 288. Jill Scott- Esther Stoeckli. *SOMABOOK - Art and Neural Development* (2013). De Izquierda a derecha: micrografía de la sección de médula espinal humana adulta; dibujo inspirado en la dicha micrografía realizado por Scott. Fuente: Scott, J. y Stoeckli, E. (Eds.) (2012). *NEUROMEDIA: Art and neuroscience research*. (2012). Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag. Pág. 39

Figura 289. Jill Scott- Esther Stoeckli. *SOMABOOK - Art and Neural Development* (2013). Proceso de creación de la parte escultórica de la obra *Somabook* en el estudio artístico de Jill Scott en Zúrich (Suiza). De izquierda a derecha: creación de la base de acera; textura de la escultura creada con pasta cerámica y espuma de poliestireno. Fuente: Scott, J. y Stoeckli, E. (Eds.) (2012). *NEUROMEDIA: Art and neuroscience research*. (2012). Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag. Pág. 49

Figura 290. Richelle Gribble- Dana Simmons. *Neural networks*; *Interwined*; *The Trees Inside Our Brain* (2015-2016). Proceso colaborativo entre la artista y la neurocientífica durante el programa virtual de residencias colaborativas *The Bridge.* De izquierda a derecha: grupo de imágenes proporcionadas por Simmons muestran el laboratorio y proceso de investigación científica; grupo de imágenes proporcionados por Gribble muestran bocetos y dibujos realizados por la artista. Fuente: http://www.sciartinitiative.org/ group-2-dana--richelle (Consultado el 21.05.2020)

Figura 291. Richelle Gribble- Dana Simmons. *Neural networks*; *Interwined*; *The Trees Inside Our Brain* (2015-2016). Grabados realizados por la neurocientífica Dana Simmons basados en micrografías de las neuronas. Fuente: https://www.richellegribble.com/the-nomadic-artist/2019/2/5/bridging-art-and-science (Consultado el 21.05.2020)

Figura 292. Richelle Gribble- Dana Simmons. *The Trees Inside Our Brain* (2016). Libro realizado en colaboración de la artista y la neurocientífica. Fuente: https://www.richellegribble.com/the-nomadic-artist/2019/2/5/ bridging-art-and-science (Consultado el 21.05.2020)

Figura 293. Marc Quinn- Sir John Sulston. *Sir John Sulston* (2001). Artista y científico con el retrato genético de Sulston. Fuente: http://news.bbc.co.uk/2/hi/entertainment/1550864.stm (Consultado el 15.02.2018)

Figura 294. Eduardo Kac- Louis-Marie Houdebine y Patrick Prunet. *GFP Bunny* (2000). De izquierda a derecha: Kac y Alba, el conejo genéticamente modificado; conejo visto bajo la luz azul muestra la presencia de la proteína verde fluorescente (GFP). Fuente: http://www.ekac.org/gfpbunny.html#gfpbunnyanchor (Consultado el 15.03.2017)

Figura 295. Eduardo Kac- Neil Olszewski. *Natural History of Enigma* (2003-2008). Proceso de creación de *Edunia*, una planta genéticamente modificada con el gen de Eduardo Kac. El proyecto fue desarrollado en el Departamento de Biología Vegetal de la Facultad de Ciencias Biológicas de la *University of Minnesota*. Fuente: https://www.youtube.com/watch?v=3LSJVD0m1Mg (Consultado el 25.05.2020)

Figura 296. Eduardo Kac- Neil Olszewski. *Natural History of Enigma* (2003-2008). De izquierda a derecha: Kac y *Edunia* durante la exposición del proyecto, *Weisman Art Museum*, *University of Minnesota*; *Singularis*, escultura, *St. Paul Campus, University of Minnesota*. Fuente: http://prcpcion.blogspot.com/2013/09/incorporar-4.html (Consultado el 20.11.2018) y http://www.pa25.org/artist/eduardo-kac/ (Consultado el 15.03.2019)

Figura 297. Eduardo Kac- Neil Olszewski. *Natural History of Enigma* (2003-2008). Exposición del proyecto, *Weisman Art Museum*, *University of Minnesota* (2009). De izquierda a derecha y de arriba abajo: fotografías de *Edunia; Mysterium Magnum*, acuarelas; *Edunia Seed Pack Studies*, litografías; sobre con semillas de *Edunia*. Fuente: http://www.ekac.org/nat.hist.enig.series.html (Consultado el 20.05.2020)

Figura 298. Anna Dumitriu- Melissa Grant y Rachel Sammons. *Microbe Mouth* (2016). De izquierda a derecha: taller realizado durante la exposición *Mouthy*, *Science Gallery London*, *Kings College London*, Reino Unido; dientes de cerámica pintados por los participantes durante el taller con los esmaltes bacterianos. Fuente: https://annadumitriu.co.uk/portfolio/microbe-mouth/ (Consultado el 13.05.2020)

ANEXO II. Listado de creadores analizados en la tesis organizados por orden alfabético

1. Anker, Suzanne (http://suzanneanker.com)
2. Ashbaugh, Dennis (https://www.dennisashbaugh.com/)
3. Atkins, Anna
4. Ben-Ary, Guy (http://guybenary.com/)
5. Benayoun, Maurice (http://benayoun.com/)
6. Blossfeldt, Karl
7. Brakhage, Stan (https://www.youtube.com/watch?v=Yt3nDgnC7M8)
8. Brendel, Robert y Reinhold
9. Brussel, Paulus Theodorus van
10. Bur Johnson, Alan (http://www.alanburjohnson.com/info/)
11. Busby, Judy (http://www.judybusby.com/)
12. Buttress, Wolfgang (http://www.wolfgangbuttress.com/)
13. Cardi, Ludovico
14. Catts, Oron (http://www.symbiotica.uwa.edu.au/residents/catts)
15. Clark, Kevin (http://www.kevinclarke.com)
16. Davis, Joe (http://prix2012.aec.at/prixwinner/7023/)
17. Dumitriu, Anna (http://www.annadumitriu.co.uk/)
18. Dunn, Greg (http://www.gregadunn.com/)
19. Duprat, Hubert (http://trichoptere.hubert-duprat.com/)
20. Edmark, John (http://www.johnedmark.com/)
21. Escher, Maurits Cornelis (https://mcescher.com/)
22. Fairnington, Mark (http://www.markfairnington.com/page6.htm)
23. Fayle Waters, Hillary (https://hillaryfayle.wordpress.com/)
24. Fisher, Rose-Lynn (http://rose-lynnfisher.com/)
25. Flexner, Roland (http://rolandflexner.com/)
26. Fornasier, Emanuele (https://efphotoart.wordpress.com/)
27. FRM
28. Gessert, George (http://revolutionbio.co/bioart/bioart-through-evolution-george-gessert/)
29. Goodsell, David S. (http://mgl.scripps.edu/people/goodsell/)
30. Gribble, Richelle (http://richelle-gribble.com)
31. Guerra, Cristóbal (https://cristobalguerra.blogspot.com/)
32. Haeckel, Ernst
33. Hesse-Honegger, Cornelia (http://www.wissenskunst.ch)
34. Huysum, Jan van
35. Inomata, Aki (http://www.aki-inomata.com/)
36. Kac, Eduardo (http://www.ekac.org/)
37. Kadonaga, Kazuo (http://www.kazuokadonaga.com/)
38. Kamenetzky, Karen (http://www.karenkamenetzky.com/)
39. Kessel el Viejo, Jan van
40. Kemp, Klaus D. (http://www.diatoms.co.uk/)
41. Kesseler, Rob (http://www.robkesseler.co.uk/)
42. MacMurtrie, Chico (http://amorphicrobotworks.org/)
43. Meijs, Ronald van der (http://www.ronaldvandermeijs.nl/)
44. Mignonneau, Laurent (http://www.interface.ufg.ac.at/christa-laurent/)
45. Morris, Robert (https://www.moma.org/artists/4108)
46. North, Marianne
47. Oeggerli, Martin (http://www.micronaut.ch)
48. Possenti, Lorenzo (http://www.ecofauna.com/)
49. Quinn, Marc (http://marcquinn.com/)
50. Richmond, Lesley (http://www.lesleyrichmond.com/)
51. Rinaldo, Ken (http://www.kenrinaldo.com/)

52. Ruysch, Rachel
53. Scherer, Diana (http://dianascherer.nl)
54. Scott, Jill (https://www.jillscott.org/)
55. Settles, Natalie (http://www.nataliesettles.com/)
56. Shlian, Matt (https://www.mattshlian.com/)
57. Sibylla Merian, Maria
58. Sims, Karl (http://www.karlsims.com/)
59. Snedker Hansen, Pernille (http://www.snedkerstudio.dk/)
60. Sommerer, Christa (http://www.interface.ufg.ac.at/christa-laurent/)
61. Susini,Clemente
62. Takadoi, Kazuhito (http://www.kazuhitotakadoi.com/)
63. Towne, Joseph
64. Vanouse, Paul (http://www.paulvanouse.com/)
65. Vitali, Giselle (http://gisellevitali.com)
66. Vollmer, April (http://www.aprilvollmer.com/)
67. Watz, Marius (http://mariuswatz.com/)
68. Wigan, Willard (http://willardwiganmbe.com/)
69. Wight, Gail (https://web.stanford.edu/~gailw/)
70. Woolnough, Meredith (http://www.meredithwoolnough.com/)
71. Yanagi, Yukinori (http://www.yanagistudio.net)
72. Yanishevsky, Tatyana (http://knitplants.com/)
73. Yonetani, Julia (http://www.kenandjuliayonetani.com/)
74. Yonetani, Ken (http://www.kenandjuliayonetani.com/)
75. Zurr, Ionat (http://www.symbiotica.uwa.edu.au/residents/zurr)

ANEXO III. Listado de proyectos artísticos seleccionados organizados por orden alfabético

1. *Actiniae* (1889-1904). Placa 49. *Kunstformen der Natur*. Haeckel, Ernst
2. *Adiantum pedatum* (1928). Blossfeldt, Karl
3. *Aiolocaria hexaspilota* (sin fecha) *Ecofauna*. Possenti, Lorenzo
4. *Álbum anatómico* (1878). Ramón y Cajal, Santiago
5. *Arc Surf Drawings* (2012). Watz, Marius
6. *Arterial Dream* (2009). Busby, Judy
7. *Auralroots* (2015). Scott, Jill
8. *Bacterial Radio* (2012). Davis, Joe
9. *BEEyond (2010).* Fisher, Rose-Lynn
10. *Biomorphic Wall* (2015). MacMurtrie, Chico
11. *Blooms* (2014). Edmark, John
12. *Blooms 2* (2016). Edmark, John
13. *Borderless Bacteria/Colonialist Cash* (2017). Rinaldo, Ken
14. *Brain Factory* (2016). Benayoun, Maurice
15. *Breathing Tree* (2012). Yonetani, Julia / Yonetani Ken
16. *Bubbles* (años 90). Flexner, Roland
17. *Caladium (2016).* Woolnough, Meredith
18. *Calamus aruensis, Canopy* (2008). Kesseler, Robert
19. *CellF* (2015). Ben-Ary, Guy
20. *Chernobyl* (1987-1991). Hesse-Honegger, Cornelia
21. *Chirality* (2016). Shlian, Matthew
22. *Cortical Columns* (2014). Dunn, Greg
23. *Cranefly Moon* (2016). Vollmer, April
24. *Cranefly Rotation I y II* (2016). Vollmer, April
25. *Crystal Birth* (2016). Fornasier, Emanuele
26. *Dermaland* (2008-2009). Scott, Jill
27. *Designer Gene* (1992). Ashbaugh, Dennis
28. *Diatoms* (sin fecha). Kemp, Klaus
29. *Discomedusae* (1889-1904). Placa 8. Kunstformen der Natur. Haeckel, Ernst
30. *Eau de Jardin* (2004). Mignonneau, Laurent / Sommerer, Christa
31. *Ecofauna* (1996-presente). Possenti, Lorenzo
32. *Écorché* (c. 1600). Cardi, Ludovico
33. *Electric Retina* (2008). Scott, Jill
34. *E-Skin* (2003-2006). Scott, Jill
35. *Extra Ear – ¼ Scale* (1997-2007). Catts, Oron / Zurr, Ionat
36. *Fibroblasting* (2009). Busby, Judy
37. *Flora* (sin fecha). Water Fyle, Hilary
38. *Foliage and Fruit of the Wampee and American Passion Flower* (c.1878). North, Marianne
39. *Fruit: Edible, Inedible, Incredible* (2008). Kesseler, Robert
40. *Galapagos* (1997). Sims, Karl
41. *Gelidium Corneum Vars.* Photographs of British Algae: Cyanotype Impressions *(1843)*. Atkins, Anna
42. *GFP Bunny* (2000). Kac, Eduardo
43. *Gold Cortex II* (2013). Dunn, Greg
44. *Grapefruit* (1705). Placa XXIX. Metamorphosis insectorum Surinamensium. Sibylla Merian, Maria
45. *Ground Plane* (2008). Wight, Gail
46. Helicone (2015). Edmark, John
47. *Hexapodarium* (2014). Wight, Gail
48. *Human* (2010-2012). Yanishevsky, Tatyana
49. *I Like America and America Likes Me* (1974). Beuys, Joseph

50. *Imagine Tree* (2011). Yonetani Julia / Yonetani Ken
51. *Insect Specimen 4* (2000). Fairnington, Mark
52. *Interactive Plant Growing* (1992). Mignonneau, Laurent / Sommerer, Christa
53. *Interwined* (2015). Gribble, Richelle
54. *Interwoven #1* (2015). Scherer, Diana
55. *Iris Project* (1988). Gessert, George
56. *Jellyeyes* (2016 – presente). Scott, Jill
57. *Kit* (2010). Wight, Gail
58. *La gran cepa azul* (2010). Guerra, Cristóbal
59. *Labor* (2014-presente). Vanouse, Paul
60. *Leaf Lines I* y *II* (2017). Woolnough, Meredith
61. *Lens on Life* (2014). Kesseler, Robert
62. *MEART- The Semi Living Artist* (2001-2006). Ben-Ary, Guy
63. *Metamorphosis II* (1940). Escher, Maurits Cornelis
64. *Microbe Mouth* (2016). Dumitriu, Anna
65. *Modelo anatómico de la cabeza de cera con los síntomas de la sífilis (c. 1840).* Towne, Joseph
66. *Mothlight* (1963). Brakhage, Stan
67. *MRSA Quilt* (2012). Dumitriu, Anna
68. *Nai 3 (Missing 3)* (2016). Takadoi, Kazuhito
69. *Natural Bloom* (2015). Edmark, John
70. *Natural History of Enigma* (2003-2008). Kac, Eduardo
71. *Nature Studies* (2015). Woolnough, Meredith
72. *Nekko (Root)* (2016). Takadoi, Kazuhito
73. *Neural networks* (2015-2016). Gribble, Richelle
74. *NoArk* (2007). Catts, Oron / Zurr, Ionat
75. *Organic Arches* (2014). MacMurtrie, Chico
76. *Origins* (1883). Redon, Odilon
77. *Petri's Panoply* (2014). Anker, Suzanne
78. *Phototropy* (1995). Mignonneau, Laurent / Sommerer, Christa
79. *Polen: the Hidden Sexuallity of Flowers* (2004). Kesseler, Robert
80. *Portrait of Jeff Koons* (1993). Clarke, Kevin
81. *Ptilota sericea* (1843). Photographs of British Algae: Cyanotype Impressions. Atkins, Anna
82. *Rainbow Loom* (2014). Anker, Suzanne
83. *Rainy Taxi* (1938). Dalí, Salvador
84. *Reaction-Difussion Media Wall* (2016). Sims, Karl
85. *Recursive Mutations* (2003). Wight, Gail
86. *Refraction* (2013). Snedker Hansen, Pernille
87. *Revealing the Secret Life of Pollen* (sin fecha). Oeggerli, Martin
88. *Romantic Desease* (2014). Dumitriu, Anna
89. *Rootbound 2* (2017-2018). Scherer, Diana
90. *Rugs* (2016-2017). Scherer, Diana
91. *Seeds* (2013). Rinaldo, Ken
92. *Seeds: Time Capsule of Life* (2006). Kesseler, Robert
93. *Self-Portrait (EEG)* (1963). Morris, Robert
94. *Selfportrait in Ixuatio* (1988). Clarke, Kevin
95. *Selfreflected* (2016). Dunn, Greg
96. *Semi-Living Worry Dolls, AKA Tissue Culture and Art(ificial) Womb* (2000). Catts, Oron / Zurr, Ionat
97. *Silk* (1986-2011). Kadonaga, Kazuo
98. *Sin título, Silk me Back* (2011). FRM
99. *Singularis* (2008), *Natural History of Enigma*. Kac, Eduardo
100. *Solar Burn* (2011). Wight, Gail
101. *Somabook* (2010/2011). Scott, Jill
102. *Striped Bug* (1988). Hesse-Honneger, Cornelia
103. *Swarm* (2008-2018). Bur Johnson, Alan
104. *The Evolving Wallpaper* (2011-2014). Settles, Natalie

105. *The Hive* (2015). Buttress, Wolfgang
106. *The Interior of a Eukaryotic Cell* (sin fecha). Goodsell, David
107. *The Knit Garden* (2004-2011). Yanishevsky, Tatyana
108. *The Land of Flies* (2014). Wight, Gail
109. *The Last Supper* (sin fecha). Wigan, Willard
110. *The Pig Wings* (2000-2001). Catts, Oron / Zurr, Ionat
111. *The Seed Dreaming* (2015). Kemenetzky, Karen
112. *The Tissue Culture & Art Project* (1996- presente). Catts, Oron / Zurr, Ionat
113. *The Topography of Tears* (2008-2017). Fisher, Rose-Lynn
114. *Thysania agrippina* (1705). Placa XX. Metamorphosis insectorum Surinamensium. Sibylla Merian, Maria
115. *Time Capsule of Life* (2013). Meijs, Ronald van der
116. *Time Capsule of Life 2.0* (2015).Meijs, Ronald van der
117. *TransPlant* (1995). Mignonneau, Laurent / Sommerer, Christa
118. *Tree Bug* (1995). Hesse-Honneger, Cornelia
119. *Trichopterae* (1980-2012). Duprat, Hubert
120. *Typologies* (2015). Woolnough, Meredith
121. *Ucracking* (2014). Watz, Marius
122. *Under the Influence* (2012). Wight, Gail
123. *Union Jack* (1994). Yanagi, Yukinori
124. *Universo Musculante* (sin fecha). Vitali, Giselle
125. *Untitled (*conocido popularmente como *Cavalli)* (1969). Kounellis, Jannis
126. *Vanitas in a Petri Dish* (2013). Anker, Suzanne
127. *Venerina* (c. 1782). Susini, Clemente
128. *Victimless Leather* (2004). Catts, Oron / Zurr, Ionat
129. *Why Not Hand Over a Shelter to Hermit Crabs?* (2009-2018). Inomata, Aki
130. *Winter Light* (2017). Richmond, Lesley
131. *Zoosemiotics* (1993). Anker, Suzanne

ANEXO IV. Listado de organizaciones institucionales referenciadas en la tesis que fomentan y/o desarrollan colaboraciones arte-ciencia organizadas por orden alfabético

1. Ars Electronica (https://www.aec.at/)
2. Art Sail (https://www.artsail.info/)
3. Art the Science (https://artthescience.com/)
4. Art and Science Collaborations (ASCI) (http://www.asci.org/)
5. Artist in Residence Science Program (DSTI) (https://www.des.qld.gov.au/science/education/artist-residence-science-program/)
6. Artists in Labs (http://www.artistsinlabs.ch/en/)
7. Arts at CERN (http://arts.cern/)
8. Arts Catalyst (http://www.artscatalyst.org/)
9. Australian Network for Art and Technology (ANAT) (http://www.anat.org.au/)
10. Beakerhead (https://beakerhead.com/)
11. Bioart Society (https://bioartsociety.fi/)
12. Biofaction (http://www.biofaction.com/)
13. Centro para la Promoción de la Ciencia (CPN) (http://www.cpn.rs/)
14. Center for Advanced Visual Studies (CAVS) (MIT Program in Art Culture and Technology – ACT) (http://act.mit.edu/cavs)
15. Coalesce BioArt Lab (https://www.buffalo.edu/genomeenvironmentmicrobiome/coalesce.html)
16. Culture at Work (https://www.cultureatwork.com.au/)
17. Electronic Art & Intermedia (EAI) (http://www.art.msu.edu/degrees-programs/undergraduate/majors/studio-art/electronic-art-intermedia/)
18. European Digital Art and Science Network (https://www.aec.at/artandscience/)
19. Experimenta (http://experimenta.org/)
20. Exploratorium (https://www.exploratorium.edu/)
21. Eyebeam (http://eyebeam.org/)
22. Foundation for Art and Creative Technology (FACT) (http://www.fact.co.uk/)
23. Fundación Zaragoza Ciudad del Conocimiento (https://www.fundacionzcc.org)
24. Fermilab (http://events.fnal.gov/art-gallery/artist-in-residence/)
25. GV Art Gallery (https://www.gvart.co.uk/)
26. Harvestworks (http://www.harvestworks.org/)
27. Hexagram (http://hexagram.ca/)
28. Institute for Figuring (IFF) (http://theiff.org/)
29. IméRA (https://imera.univ-amu.fr/)
30. IRB Barcelona (https://www.irbbarcelona.org/en/artist-in-residence-programme)
31. LABoral Centro de Arte y Creación Industrial (http://www.laboralcentrodearte.org/es)
32. Leonardo ISAST (https://www.leonardo.info/)
33. Ligo Project (https://www.ligoproject.org/)
34. Milieux Institute (https://milieux.concordia.ca/)
35. Science Gallery (https://dublin.sciencegallery.com/)
36. Scientific Delirium Madness (https://djerassi.org/apply/scientific-delirium-madness-2/)
37. SVA Bio Art Lab (http://bioart.sva.edu/)

38. Symbiotica (http://www.symbiotica.uwa.edu.au/)
39. Synapse Art and Science (http://synapseartscience.com/)
40. Synergy (https://synergyexhibit.net/)
41. V2_ Lab for the Unstable Media (http://v2.nl/)
42. VIDA Concurso Internacional Arte y Vida Artificial (https://vida.fundaciontelefonica.com/)
43. Zentrum für Kunst und Medien (ZKM) (http://zkm.de/)

ANEXO V. Tabla descriptiva y relacional de creadores responsables de los proyectos presentados en diferentes capítulos de la parte tres de la tesis organizados por orden alfabético.

Nº	*Nombre del artista*	*País de procedencia / residencia*	*Rama de investigación artística en relación con la ciencia / área artística y técnicas empleadas*	*Formación*
1.	Anker, Suzanne	EE.UU.	Genética / artes visuales (escultura, instalación), tecnología (impresión 3D), ciencia (placas de Petri)	Artista (*Brooklyn Museum Art School*, BA; *University of Colorado at Boulder*, MFA)
2.	Ashbaugh, Dennis	EE.UU.	Genética / artes visuales (pintura)	Artista (*University of California*, BA y MFA)
3.	Ben-Ary, Guy	Israel / Australia	*BioArt*, bioingeniería / ciencia (cultivos celulares), tecnología (robótica)	Abogado
4.	Benayoun, Maurice	Algeria / Francia, China	Neurociencia / ciencia (electroencefalografía), tecnología (impresión 3D)	Artista (*Paris Sorbonne University*, BA; *Pantheon-Sorbonne University*, BFA, Máster en Arte Contemporáneo y Ciencias del Arte y PhD)
5.	Brakhage, Stan	EE.UU.	Entomología / artes visuales (vídeo)	Artista (*California School of the Arts*, hoy conocida como *San Francisco Art Institute*)
6.	Bur Johnson, Alan	EE.UU.	Entomología / artes visuales (instalación, fotografía)	Artista (*University of Washington*, BFA Grabado)
7.	Busby, Judy	EE.UU.	Microscopía / artesanía (tejidos)	Artista (*Albion College*; *University of Virginia*)
8.	Buttress, Wolfgang	Reino Unido	Entomología / tecnología (escultura interactiva)	Artista (*Nottingham Trent University*, BFA)
9.	Catts, Oron	Finlandia / Australia	*BioArt*, bioingeniería / ciencia (cultivos celulares, biorreactores)	Artista (*Curtin University of Technology*, BA Diseño y Máster en Artes Visuales y Escénicas)
10.	Clark, Kevin	EE.UU. /Francia	Genética / artes visuales (fotografía)	Artista (*The Cooper Union for the Advancement of Science and Art*, BFA Escultura)
11.	Davis, Joe	EE.UU.	*BioArt*, bioingeniería / ciencia (cultivos bacterianos)	Artista (*Mt Angel College*, BA)
12.	Dumitriu, Anna	Reino Unido	*BioArt*, bioingeniería/ artes visuales (escultura), ciencia (cultivos bacterianos, placas de Petri)	Artista (*University of Brighton*, BA, MFA)
13.	Dunn, Greg	EE.UU.	Neurociencia / artes visuales (pintura, micrograbado)	Científico (*University of California, Berkeley*, BA Biología Molecular; *University of Pennsylvania*, Phd en Neurociencia)
14.	Duprat, Hubert	Francia	Entomología / artes visuales (instalación, escultura)	Artista (autodidacta)
15.	Edmark, John	EE.UU.	Sistemas generativos y patrones / tecnología (impresión 3D, corte con	Informático, diseñador (*Columbia University*, BS y MS en las Ciencias de la Computación; *Stanford*

			láser)	*University*, MS en Diseño de producto)
16.	Escher, Maurits Cornelis	Holanda	Entomología / artes visuales (grabado)	Artista (*Technical College of Delft, Haarlem School of Architecture and Decorative Arts*)
17.	Fairnington, Mark	Reino Unido	Entomología / artes visuales (pintura)	Artista (*St. Martin's School of Art*, BA; *Goldsmith's College*, MA)
18.	Fisher, Rose-Lynn	EE.UU.	Microscopía / ciencia (micrografía)	Artista (*Otis Art Institute*, BFA)
19.	Flexner, Roland	Francia / EE.UU	Sistemas generativos y patrones / artes visuales (dibujo)	Sin información
20.	Fornasier, Emanuele	Italia	Sistemas generativos y patrones / artes visuales (vídeo)	Científico (*University of Padua*, BS Química)
21.	FRM	Canadá / Francia	Anatomía / artes visuales (ilustración, diseño)	Sin información
22.	Gessert, George	EE.UU.	Genética / ciencia (cría selectiva)	Artista (*University of Wisconsin-Madison*, BFA y MFA)
23.	Gribble, Richelle	EE.UU.	Neurociencia / artes visuales (dibujo, pintura)	Artista (*University of Southern California*, BFA)
24.	Guerra, Cristóbal	España	Neurociencia / artes visuales (pintura, escultura)	Artista (Universidad de la Laguna, BFA)
25.	Hesse-Honegger, Cornelia	Suiza	Entomología / artes visuales (pintura, ilustración científica)	Artista (*Zurich University, School of Applied Arts*, Ilustración Científica)
26.	Inomata, Aki	Japón	Ecosistemas bio / tecnología (impresión 3D)	Artista (*Tokyo University of the Arts*, BFA y MFA)
27.	Kac, Eduardo	Brasil / EE.UU.	Genética / ciencia (modificación genética)	Artista (*Pontifical Catholic University of Rio de Janeiro*, BA; *School of the Art Institute of Chicago*, MFA; *University of Wales*, PhD)
28.	Kadonaga, Kazuo	Japón	Entomología / artes visuales (instalación)	Artista (sin información)
29.	Kamenetzky, Karen	EE.UU.	Microscopía / artesanía (tejidos)	Psicóloga (*Antioch New England Graduate School*)
30.	Kemp, Klaus D.	Reino Unido	Microscopía / artes visuales (instalación)	Biólogo (autodidacta)
31.	Kesseler, Robert	Reino Unido	Microscopía / artes visuales (escultura, dibujo), ciencia (micrografía)	Artista (*Central School of Art & Design*, BA)
32.	MacMurtrie, Chico	EE.UU.	Sistemas generativos y patrones / tecnología (robótica)	Sin información
33.	Meijs, Ronald van der	Holanda	Botánica / tecnología (instalación interactiva)	Artista (*St.Joost Academy of Fine Arts and Design*; *Avans University of Applied Sciences*, BA)
34.	Mignonneau, Laurent	Francia / Austria	Botánica, ecosistemas bio / tecnología (instalación digital interactiva)	Artista (*Academy of Fine Arts Angouleme*, BFA Video Arte y MFA; *Staedelschule Institut for New Media*, Posgrado)
35.	Morris, Robert	EE.UU.	Neurociencia / ciencia (electroencefalografía)	Artista (*University of Kansas*, Bellas Artes e Ingeniería; *Kansas*

				*City Art Institut*e, BA; *Reed College*, Filosofía)
36.	Oeggerli, Martin	Suiza	Microscopía / ciencia (micrografía)	Científico (*University Basel*, PhD en Biología Molecular Médica)
37.	Possenti, Lorenzo	Italia	Entomología / artes visuales (escultura)	Científico (*University of Pisa*, Ciencias Naturales)
38.	Quinn, Marc	Reino Unido	Genética / ciencia (cultivos bacterianos, placas de Petri)	Historiador de arte (*Robinson College*, Historia y Historia de arte)
39.	Richmond, Lesley	Reino Unido / Canadá	Botánica / artesanía (tejidos, devoré)	Educadora en arte (*Middlesex University,* Educación en Arte; *Western Washington University*, Máster en Educación)
40.	Rinaldo, Ken	EE.UU.	Microscopía, *BioArt*/ tecnología (arte digital, cultivos bacterianos)	Artista (*Cañada College*, Ciencias de la Computación; *University of California*, *Santa Barbara*, BA; *San Francisco State University*, MFA)
41.	Scherer, Diana	Alemania / Holanda	Botánica / artes visuales (instalación)	Artista (*Gerrit Rietveld Academy*, Bellas Artes y Fotografía)
42.	Scott, Jill	Australia / Suiza	Neurociencia / artes visuales (escultura), tecnología (instalación digital interactiva)	Artista (*Victoria College of Advanced Education*, BA Arte y Diseño; *Melbourne University*, Pedagogía; *San Francisco State University*, Máster en Comunicación; *University of Wales*, Phd Arte Interactivo)
43.	Settles, Natalie	EE.UU.	Sistemas generativos y patrones / tecnología (instalación digital interactiva)	Artista (*Northwestern College*, BA; *University of Wisconsin-Madison*, MFA)
44.	Shlian, Matt	EE.UU.	Sistemas generativos y patrones / artes visuales (instalación)	Artista (*New York State College of Ceramics at Alfred University*, Grabado y Escultura; *Cranbrook Academy*, MFA)
45.	Sims, Karl	EE.UU.	Sistemas generativos y patrones, ecosistemas bio / tecnología (instalación digital interactiva)	Científico (MIT, BS; MIT *Media Lab*, Máster en Ciencia)
46.	Snedker Hansen, Pernille	Dinamarka	Sistemas generativos y patrones / artes visuales (diseño, pintura)	Artista (*Designskolen Kolding*, BA Diseño Textil; *University of the Arts London*, Máster en Ambientes Narrativos)
47.	Sommerer, Christa	Austria	Botánica, ecosistemas bio / tecnología (instalación digital interactiva)	Artista y científica (*University of Vienna*, Botánica y Biología; *Academy of Fine Arts Vienna*, Educación en Arte, Escultura y Máster; *Staedelschule Institut for New Media,* Estudios de Posgrado)
48.	Takadoi, Kazuhito	Japón / Reino Unido	Botánica / artes visuales (instalación)	Artista y horticultor (*Hokkaido Agricultural and Horticultural College*, Horticultura; *Leeds Metropolitan University, Arts and Garden Design*)
49.	Vanouse, Paul	EE.UU.	*BioArt* / ciencia (cultivos bacterianos)	Artista (*University at Buffalo*, BA; *Carnegie Mellon University*, MFA)
50.	Vitali, Giselle	Venezuela / España	Anatomía / artes visuales (ilustración, diseño)	Artista (Instituto de Diseño de Caracas, Ilustración; *BAU Centro Universitario de Diseño* de Barcelona, Posgrado en Ilustración

				y Diseño)
51.	Vollmer, April	EE.UU.	Entomología / artes visuales (grabado)	Artista (*City University of New York*, *Hunter College*, Máster en Grabado, y Máster en Historia de Arte)
52.	Waters Fayle, Hillary	EE.UU.	Botánica / artes visuales (instalación)	Artista (*Buffalo State College*, BA; *Virginia Commonwealth University*, MFA)
53.	Watz, Marius	Noruega y EE.UU	Sistemas generativos y patrones / tecnología (dibujo con láser, arte generativo)	Informático (*University of Oslo*)
54.	Wigan, Willard	Reino Unido	Microscopía / artes visuales (escultura)	Artista (autodidacta)
55.	Wight, Gail	EE.UU.	Sistemas generativos y patrones, ecosistemas bio / artes visuales (fotografía, dibujo), tecnología (obra digital)	Artista (*Massachusetts College of Art and Design*, BA; *San Francisco Art Institute*, MFA)
56.	Woolnough, Meredith	Australia	Botánica, sistemas generativos y patrones/ artesanía (bordado)	Artista (*University of New South Wales*, BA; *University of Sydney*, Máster en Educación)
57.	Yanagi, Yukinori	Japón	Entomología / artes visuales (instalación)	Artista (*Musashino Art University*, BA y MFA; *Yale University*, Máster en Escultura)
58.	Yanishevsky, Tatyana	Unión Soviética / EE.UU.	Botánica, anatomía / artesanía (ganchillo)	Bióloga (Brown University)
59.	Yonetani, Julia	Australia / Japón	Microscopía / artes visuales (escultura, vídeo)	Artista (*University of Sydney*, BA; *University of Tokyo*, MFA; *Australian National University*, PhD en Historia)
60.	Yonetani, Ken	Japón	Microscopía / artes visuales (escultura, vídeo)	Economista y artista (*Chiba University of Commerce*, Economía; *Australian National University*, MFA; *University of Sydney*, PhD en Bellas Artes)
61.	Zurr, Ionat	Reino Unido / Australia	*BioArt*, bioingeniería / ciencia (cultivos celulares, biorreactores)	Artista (*University of Western Australia*; *School of Architecture, Landscape and Visual Arts*, PhD en Bellas Artes)

ANEXO VI. Tabla descriptiva y relacional de organizaciones institucionales que fomentan y/o desarrollan colaboraciones arte-ciencia organizadas por orden cronológico.

La tabla incluye el nombre de la organización institucional, el año de su fundación, el país de su procedencia, los nombres y la formación profesional de sus fundadores, su vínculo o no con el mundo universitario, su programación y su modo de financiación.

Nº	*Nombre de la organización*	*Año*	*País*	*Fundador(es)*	*Vínculo con las universidades*	*Programación*	*Financiación*
1.	*Center for Advanced Visual Studies* (CAVS)	1967	EE.UU	György Kepes (artista)	*Massachusetts Institute of Technology* (MIT)	Encuentros (seminarios, foros públicos); exposiciones y proyectos; programas educativos (cursos de grado y de máster); convocatorias (becas)	Fundaciones; universidades (departamentos del MIT); aportaciones particulares
2.	*Exploratorium*	1969	EE.UU	Frank Oppenheimer (científico, físico)	NO	Programas educativos; residencias artísticas; talleres; convocatorias (encargos de obras a gran escala); otros eventos (proyecciones de películas, programas de performance para los músicos)	Sector público (agencias públicas); sector privado (corporaciones); fundaciones; aportaciones particulares
3.	*Harvestworks*	1977	EE.UU	Gregory Kramer (científico, compositor), Gerald Lindahl (músico)	NO	Encuentros (foros, simposios, presentaciones); programas educativos (cursos de interactividad y nuevos medios, tutorías); residencias artísticas; talleres; publicaciones (bimensual de audio casetes)	Sector público (fondos del estado); fundaciones; aportaciones particulares
4.	*Ars Electronica*	1979	Austria	Hannes Leopldseder (periodista, profesor), Hubert Bognermayr (compositor), Herbert W. Franke (científico, escritor),	NO	Exposiciones; programas educativos (cursos); talleres; convocatorias (premios); investigación;	Sector público (Ciudad de Linz, Provincia de Alta Austria, República de Austria)

				Ulrich Rützel (productor, editor de música)		festival	
5.	*V2_*	1981	Holanda	Alex Adriaansens (artista), Joke Brouwer (artista)	NO	Encuentros (presentaciones), exposiciones; talleres; publicaciones; otros eventos (comunitarios); festival (*Dutch Electronic Art Festival* (DEAF))	Sector público (Ciudad de Róterdam); fundaciones (*Creative Industries Fund NL*)
6.	*International Society for the Arts, Sciences and Technology* (ISAST), *Leonardo*	1982	EE.UU	Roger F. Malina (astrónomo)	NO	Encuentros (conferencias); programas educativos (para educadores y estudiantes); residencias artísticas; publicaciones	Sector público; sector privado; aportaciones particulares
7.	*Australian Network for Art and Technology* (ANAT)	1988	Australia	Grupo de artistas	NO	Exposiciones; programas educativos (cursos de verano); residencias artísticas	Sector público (Gobierno de Australia)
8.	*Art&Science Collaborations Inc.*(ASCI)	1988	EE.UU	Cynthia Pannucci (artista)	NO	Encuentros (reuniones arte-ciencia-tecnología, presentaciones); exposiciones; publicaciones	Sector privado (empresas, organizaciones); fundaciones; aportaciones particulares
9.	*Zentrum für Kunst und Medien* (ZKM)	1989	Alemania	Heinrich Klotz (historiador de arte)	NO	Exposiciones; residencias artísticas (en línea); talleres; investigación	Sector público (Ministerio de Ciencia, Investigación y Arte de Baden Würtenberg, Ciudad de Karlsruhe); sector privado (empresas); fundaciones (Fundación Federal de Cultura); universidades (Fördergesellschaft ZKM/HfG, la Escuela Superior Estatal de Diseño (HfG))
10.	*Art Catalyst*	1993	Reino Unido	Nicola Triscott (comisaria, investigadora, escritora)	NO	Exposiciones y proyectos; convocatorias (encargos de obras de arte)	Sector público (Consejo de las Artes de Inglaterra, Comisión Europea); fundaciones (*Wellcome Trust*, Fundación *Esmee Fairbairn*)

11.	*Eyebeam*	1998	EE.UU	John S. Johnson (cineasta, empresario)	NO	Programas educativos para jóvenes y programas de arte y periodismo para adultos; residencias artísticas	Fundaciones (*The Atlantic Foundation*, *Open Society Foundations*, *The Andy Warhol Foundation for the Visual Arts* u otros)
12.	VIDA Concurso Internacional Arte y Vida Artificial	1999	España	Nell Tenhaaf (artista), Susie Ramsay (artista), Rafael Lozano-Hemmer (artista)	NO	Exposiciones; Convocatorias (premios)	Fundaciones (Fundación Telefónica)
13.	*SymbioticA*	2000	Australia	Oron Catts (artista, investigador), Miranda Grounds (bióloga celular, profesora), Stuart Bunt (neurocientífico)	*University of Western Australia* (UWA)	Encuentros (simposios); exposiciones; programas educativos (grado, máster, doctorado); residencias artísticas; talleres; investigación	Sector público (Departamento de Cultura y Artes de Australia Occidental); universidades (*University of Western Australia*);
14.	*Hexagram*	2001	Canadá	Jean Dubois (artista, profesor)	Universidad Concordia, Universidad de Québec en Montreal (UQAM), Universidad de Montreal	Encuentros (simposios, conferencias, mesas redondas); residencias artísticas; talleres; investigación	Sector público (Investigación de Valorización de Québec (VRQ), Fundación para la Innovación de Canadá, Fondo de Investigación de Quebec- Sociedad y Cultura (FRQSC))
15.	*The Institute For Figuring*	2003	EE.UU	Margaret Wertheim (autora, artista, comisaria), Christine Wertheim (artista, profesora)	NO	Encuentros (conferencias); exposiciones y proyectos; talleres	Fundaciones (*Annenberg Foundation*, *Orphiflamme Foundation*, *The Opaline Fund of the Jewish Community Federation and Endowment Fund*, y *The Andy Warhol Foundation for the Visual Arts*)
16.	*Artists in Labs Program*	2003	Suiza	Jill Scott (artista)	*Zurich University of the Arts*	Encuentros (conferencias); exposiciones; residencias artísticas; talleres; publicaciones	Sector público (*Swiss CTI*, Ministerio Suizo de Cultura, *Pro Helvetia*, *Swiss Arts Council*, *Swiss National Research Foundation*); universidades (*Zurich University of the Arts*)
17.	*Foundation for Art and Creative Technology* (FACT)	2003	Reino Unido	Eddie Berg (comisario)	NO	Exposiciones; residencias artísticas; talleres; otros eventos (proyecciones de cine)	Sector público (Programa de Inversión Cultural Liverpool (CLIP) del Ayuntamiento de Liverpool); sector privado (diferentes organizaciones);

							aportaciones particulares
18.	Fundación Zaragoza Ciudad del Conocimiento	2004	España	Ayuntamiento de Zaragoza	NO	Encuentros (conferencias, foros); exposiciones; programas educativos (cursos y para jóvenes); residencias artísticas; talleres; convocatorias (becas, premios); festival	Sector público (Ayuntamiento de Zaragoza); fundaciones (Fundación La Obra Social de Ibercaja); universidades (Universidad de Zaragoza, Universidad San Jorge); aportaciones particulares
19.	*GV Art*	2005	Reino Unido	Robert Devcic (productor, comisario)	NO	Encuentros (simposios, conferencias); exposiciones	Sector privado (empresa no cotizada)
20.	*Synapse Art and Science*	2007	EE.UU	Matthew Kolodziej (artista, profesor)	*University of Akron*	Encuentros (conferencias, debates); exposiciones; talleres; otros eventos (visitas a estudios artísticos)	Sector público; fundaciones (*John S. and James L. Knight Foundation*)
21.	*IméRA*	2007	Francia	Robert Ilbert (historiador)	*Aix-Marseille University*	Encuentros (seminarios); residencias artísticas; publicación; investigación	Sector público (Instituto Nacional Francés de Salud e Investigación Médica, Agencia Francesa Nacional de Investigación); sector privado (empresa del ocio digital, *NCC Partners*); universidades (Universidad Aix-Marseille, Escuela Superior de Ciencias Sociales)
22.	LABoral Centro de Arte y Creación Industrial	2007	España	Rosina Gómez-Baeza (gestora cultural)	NO	Encuentros (foros públicos); exposiciones; residencias artísticas; talleres; investigación	Sector público (Consejería de Educación Cultura y Deporte del Gobierno del Principado de Asturias); sector privado (corporaciones, empresas);
23.	*Bioart Society*	2008	Finlandia	Ana Osnu (artista), Erich Berger (artista)	*University of Helsinki*	Residencias artísticas	Sector público (*Kulturkontakt Nord*); fundaciones
24.	*Science Gallery*	2008	Irlanda	John Michael David Coey (científico, físico)	*Trinity College*	Exposiciones; programas educativos (para jóvenes)	Sector privado (*Google*); fundaciones (*Welcome Trust*, Fundación de la Familia Cordover,

							Fundación de la Dignidad Humana)
25.	*Beakerhead*	2008	Canadá	Jay Ingram (autor, divulgador científico), Mary Anne Moser (científica)	NO	Programas educativos (escolares); residencias artísticas; festival	Sector público (Fondo de Iniciativas Estratégicas del Consejo de la Ciudad de Calgary); sector privado (empresas); fundaciones (Fundación *Suncor Energy*)
26.	*Culture at Work*	2009	Australia	Sherryl Ryan (artista)	NO	Encuentros (conferencias); exposiciones; programas educativos (públicos); residencias artísticas; talleres	Sector privado (Casino *The Star*); fundaciones (Fundación *James N. Kirby*); aportaciones particulares
27.	*Electronic Art and Intermiedia* (EAI)	2010	EE.UU	Adam Brown (artista, profesor)	*Michigan State University*	Encuentros (conferencias); programas educativos (grado); residencias artísticas; talleres	Sector público (Estado de Michigan)
28.	Centro para la Promoción de la Ciencia (*Centar za promociju nauke*- CPN)	2010	Serbia	Ministerio de Ciencia de Serbia	NO	Encuentros (conferencias); exposiciones y proyectos; programas educativos; talleres; publicación	Sector público (Gobierno de la República Serbia, Ministerio de Educación, Ciencia y Desarrollo Tecnológico de Serbia, Industria petrolera de Serbia, Unión Europea)
29.	SVA *Bio Art Lab*	2011	EE.UU	Suzanne Anker (artista, profesora)	*School of Visual Arts* (SVA)	Programas educativos (grado, educación continua); residencias artísticas	Inscripciones (matrículas estudiantiles)
30.	*Arts at CERN*	2011	Suiza	Ariane Koek (especialista cultural)	NO	Residencias artísticas	Sector público (Consejo de Instalaciones de Ciencia y Tecnología, *Pro Helvetia*, Sociedad Americana de Astronomía); fundaciones (Fundación *Arconic*, Fundación *Motorola Solutions* u otras)
31.	*Biofaction*	2011	Austria	Markus Schmidt (científico), Camillo Meinhart (cineasta)	NO	Exposiciones; residencias artísticas; festival (de cine)	Sector público (programa austríaco de investigación del

							genoma (GEN-AU-ELSA), Union Europea, *Austrian Science Fund*, *LOEWE Zentrum für Synthetische Mikrobiologie, Institute of Nanobiotechnology, Austrian Centre of Industrial Biotechnology – ACIB, Institut für Allgemeine und Experimentelle Pathologie*); sector privado (Geneart AG, Aculab), fundaciones (*Alfred P. Sloan Foundation, European Science Foundation-EUROCORES-EUROSYNBIO*); universidades (*Wageningen University*, *Philipps-Universität Marburg, University of Natural Ressources and Life Sciences, Medizinische Universität*)
32.	*Synergy*	2012	EE.UU	Whitney Bernstein (científica, oceanógrafa, química), Lizzie Kripke (neurocientífica, artista), Michael MacMahon (artista)	*Massachusetts Institute of Technology* (MIT)	Encuentros (reuniones sobre arte, ciencia y tecnología); exposiciones	Sector privado (*Cape Cod Art Center*, *Center for Ocean Sciences*); universidades (*Creative Arts Council Brown,* MIT *Public Service Center*, MIT *Community Service Fund*, MIT/WHOI *Joint Programme in Oceanography*)
33.	*Ligo Project*	2012	EE.UU	Shane Mayack (científica), David Urlich (informático)	*Eugene Lang College of Liberal Arts at The New School*	Encuentros (debates, reuniones arte, ciencia, tecnología)	Sector privado; aportaciones particulares
34.	*Experimenta Media Arts*	2012	Australia	Corinne Cantril (artista), Drik de Bruyn (artista), Chris Knowles (artista), Robert Randall (artista), Michael Lee (artista), Sue Goldman (artista), Stephen Goddard (artista), Frank Bendinelli (artista)	NO	Encuentros (presentaciones, debates); exposiciones; programas educativos; otros eventos (proyecciones)	Sector público (Gobierno Australiano, Consejo Australiano para los Artes), sector privado (*Australian Network for Art and Technology* (ANAT))
35.	*Scientific*	2013	EE.UU	Margot H. Knight	NO	Encuentros	Sector público

	Delirium Madness			(gestora y administradora de los programas artísticos), Piero Scaruffi (historiador musical, conferencista, escritor), Roger Malina (astrónomo)		(conferencias); residencias artísticas; publicaciones	(*National Endowment for the Arts*); sector privado (*Leonardo/ISAST*, *Djerassi*); fundaciones (*National Academies Keck Futures Initiative (*NAKFI))
36.	*Fermilab*	2014	EE.UU	Robert Rathbun Wilson (científico, físico), Georgia Schwender (comisaria, artista)	NO	Encuentros (simposios, conferencias); exposiciones; residencias artísticas	Sector público (*Fermi Research Alliance*)
37.	*European Digital Art and Science Network*	2014 - 2017	Austria	Martin Honzik (artista), Claudia Schnugg (comisaria, investigadora)	NO	Exposiciones; residencias artísticas	Sector público (Comisión Europea), sector privado, fundaciones, universidades, inscripciones, aportaciones particulares
38.	*ArtSail*	2015	EE.UU	Ombretta Agrò (comisaria)	NO	Exposiciones; residencias artísticas	Fundaciones (*Knight Fundation*); aportaciones particulares
39.	*Artist in Residence Science Program*	2015	Australia	Andrew Grodecki (divulgador científico)	NO	Exposiciones; residencias artísticas	Sector público (Gobierno de Queensland)
40.	*Art the Science*	2015	Canadá	Julia Krolik (científica, microbióloga), Alex Pedersen (investigadora de ciencias sociales)	NO	Exposiciones; residencias artísticas; publicaciones	Sector público (Instituto *Sick Kids*, nstituto de Investigación del Cáncer, Empresa para Investigación y Aprendizaje sobre el Agua, Instituto de Movilización del Conocimiento); universidades (*Queen's University*, *St. Lawrence School*, *University of Guelph*, *Laurentian University*) I, etc.
41.	*Coalesce BioArt Lab*	2016	EE.UU	Paul Vanouse (artista, profesor)	*University at Buffalo*	Encuentros (foros, conferencias); programas educativos (grado); residencias artísticas	Sector público (Fundación Nacional para las Artes); universidades *(University at Buffalo*)
42.	Instituto *Milieux* de Arte, Cultura y Tecnología	2016	Canadá	Bart Simon (profesor de sociología y antropología), Lynn	Universidad de Concordia	Publicaciones; investigación	Sector público (Fundación de la Investigación de la Sociedad y Cultura

				Hughes (profesora de arte) y Raymond April (profesora de arte), Haidee Wasson (profesora de cine)			de Quebec, Consejo de la Investigación de las Ciencias Sociales y Humanidades, Fundación de Apoyo a la Investigación de Canadá, Fundación de Innovación de Canadá); sector privado, fundaciones, universidades (Oficina de Vicepresidente de Estudios de Investigación y Graduación, Facultad de Bellas Artes, Facultad de Artes y Ciencia de la Universidad Concordia)
43.	IRB Barcelona	2017	España	Sarah Sherwood (especialista en comunicación)	NO	Encuentros (conferencias, mesas redondas); residencias artísticas	Sector público, sector privado (empresas Eppendorf, Promega, Cultek u otras); fundaciones (Fundación Obra Social la Caixa, Fundación BBVA, Fundación Botín, Fundación de la Asociación Española Contra el Cancer, Fundación Olga Torres, Friedreich's Ataxia Research Alliance, Federación Ataxias de España)