



ESTRATEGIAS Y NUEVAS PRÁCTICAS EN INNOVACIÓN DOCENTE E INVESTIGACIÓN EN LAS ÁREAS DE CONOCIMIENTO

Comps.

María del Mar Molero Jurado

María del Mar Simón Márquez

José Jesús Gázquez Linares

África Martos Martínez

María del Carmen Pérez Fuentes



Edita: ASUNIVEP

Estrategias y nuevas prácticas en Innovación Docente e Investigación en las Áreas de Conocimiento

Comps.

María del Mar Molero Jurado

María del Mar Simón Márquez

José Jesús Gázquez Linares

África Martos Martínez

María del Carmen Pérez Fuentes

© Los autores. NOTA EDITORIAL: Las opiniones y contenidos de los textos publicados en el libro “Estrategias y nuevas prácticas en Innovación Docente e Investigación en las Áreas de Conocimiento”, son responsabilidad exclusiva de los autores; así mismo, éstos se responsabilizarán de obtener el permiso correspondiente para incluir material publicado en otro lugar, así como los referentes a su investigación.

Edita: ASUNIVEP

ISBN: 978-84-09-57344-8

Depósito Legal: AL 3900-2023

Imprime: Artes Gráficas Salvador

Distribuye: ASUNIVEP

No está permitida la reproducción total o parcial de esta obra, ni su tratamiento informático, ni la transmisión de ninguna forma o por ningún medio, ya sea electrónico, mecánico, por fotocopia, u otros medios, sin el permiso previo y por escrito de los titulares del Copyright

CAPÍTULO 30

Estrategias de innovación a través del “Origami”

Ana María Gallinal Moreno*, Marco Sánchez Godoy**, y María Cuevas Riaño*

**Universidad Complutense de Madrid;*

***Bellas Artes, Departamento de Escultura, Universidad Complutense de Madrid*

Introducción

La técnica del plegado del papel (“Origami” o papiroflexia) está vinculada a la cultura japonesa y, desde la segunda mitad del s. XX, ha protagonizado una revolución mundial sin precedentes, gracias a las tecnologías informáticas para el diseño de patrones complejos. Actualmente, el papel cuenta con diferentes vías de investigación, con materiales reciclables y de última generación.

Las funciones estructurales asociadas al “Origami” se han optimizado desde las ciencias matemáticas e informáticas (p.e., a través de la teoría de grafos o con algoritmos computacionales). Así mismo, el desarrollo constructivo con papel y el valor simbólico del pliegue han sido objeto del discurso artístico y filosófico. En este sentido, los procesos experimentales con el plegado se asocian a momentos claves de la historia: p.e., el inicio de la modernidad con el cubismo o la influencia de la filosofía de Deleuze (1989) en las teorías posmodernas.

Por su parte, el “Origami” modular (1) se utiliza como recurso didáctico para enseñar conceptos geométricos de una manera visual y práctica (Royo, 2002; Ricotti, 2018), para el aprendizaje activo y la comprensión de conceptos académicos (como los principios de simetría y congruencia, entre otros), a través del seguimiento de secuencias, según la instrucción del plegado o diagrama.

Como hipótesis de esta investigación empírica, se plantea el alcance innovador de la estrategia del “Origami” para los procesos de enseñanza-aprendizaje, con incidencia en el entorno comunitario. El estudio pretende demostrar cómo en la técnica del plegado del papel confluyen enfoques disciplinares diversos (científico, ingenieril, arquitectónico) para la resolución de aspectos de tipo perceptual (procesos cognitivos) y creativo (según la lógica sociocultural histórica).

Objetivos

A partir de la observación de diferentes estudios de caso, se propone la sistematización del “Origami” como herramienta multifuncional para la innovación docente y la investigación, con los siguientes objetivos:

- Indagar en el uso del papel plegado desde el punto de vista histórico, conceptual, técnico y cultural, para el aprendizaje y el conocimiento integrales.
- Explorar las estrategias metodológicas que utilizan el “Origami” modular en el entorno científico de las matemáticas, la ingeniería y la arquitectura, con utilidad social y escenográfica.
- Aplicar las alternativas estructurales y simbólicas del pliegue, a través de los diagramas de “Origami” y el uso de programas computacionales generativos, para el desarrollo de estructuras modulares en el espacio público y escénico.

(1) R. Resch contribuyó en los años 60 al desarrollo del “plegado modular” y el “origami de teselación”. El primero, consistente en plegar múltiples unidades idénticas en la creación de figuras tridimensionales; el segundo, referido al plegado con patrones geométricos repetitivos, para formar una estructura continua a partir de una sola lámina de papel.

Método

El método de trabajo consiste en la recopilación de datos teóricos y empíricos, derivados de estudios previos externos, y preexperimentales propios: en primer lugar, a partir del diseño descriptivo y observacional de los resultados extraídos de los textos y los datos cuantitativos (investigación correlacional y transversal, y encuestas), para su posterior interpretación cualitativa; en segundo lugar, según la metodología preexperimental, con tres acciones de investigación interna.

Participantes

El equipo de trabajo está formado por personal PDI del Dpto. de Escultura y formación artística de la Facultad de Bellas Artes, Universidad Complutense de Madrid (UCM) y del Dpto. Ingeniería Informática de la Escuela Politécnica Superior, Universidad Autónoma de Madrid (UAM). Además, se ha contado con estudiantes y doctorandos de la citada facultad, con las asignaturas de grado, “Creación y Materiales”, y posgrado, “Materiales y Nuevas Tecnologías en la Escultura”, del Máster en Investigación, Arte y Creación (MIAC); la colaboración profesional del arquitecto A. Conty; la financiación institucional de los Vicerrectorados de Calidad y de Relaciones Institucionales y Cultura, y el Dpto. de Escultura, UCM.

Instrumentos

Para los desarrollos formales, se ha utilizado el papel-cartón y el sintético “tyvek”, y el sistema de plegado del “Origami” rígido, con pliegues intercalados (como el pliegue Miura), donde una superficie plana se colapsa (repliega) con un mínimo volumen; así como herramientas de diseño (tecnologías informáticas con modeladores 3D y editores de algoritmos generativos).

Procedimiento

El plan de trabajo se ha diseñado según el modelo de tipo descriptivo, para analizar la cualidad de los hechos, procedentes de la literatura previa, los resultados empíricos recabados y la experimentación directa. A partir de la información extraída de la fase preexperimental, se han probado y verificado los datos previos al ensayo propio, según el razonamiento deductivo y la evidencia observable.

La investigación se ha desarrollado en 2 fases (documental y docente). En primer lugar, con la bibliografía relativa a los aspectos conceptuales sobre el papel y el pliegue, desde la estética del arte (López, 2016), la arquitectura (De Souza, 2017) y la filosofía (Deleuze, 1989). En este sentido, a través del “Origami” no realista, se ha revisado la técnica tradicional desde el área de la pedagogía (Jackson, 2011), el arte robótico (Gardiner, s.f.) y la ingeniería (Melancon et al., 2021). Además, se ha analizado el “Origami” como herramienta utilizada en el aprendizaje manipulativo, en materias como las matemáticas: a través de la destreza manual y habilidad visoperceptiva (Ricotti, 2020; Royo, 2002), para el cálculo trigonométrico y las nociones geométricas (Artamendi y García, 2017). Así mismo, se ha documentado el beneficio del “Origami” para el fomento de la creatividad y la capacidad de concentración (Huachillo, 2018; Apaza y Romero, 2017), y la propuesta de implementación de una nueva pedagogía basada en la técnica específica del plegado, ante la falta detectada de docentes capacitados (Azcoaga, 2010).

En segundo lugar, desde el ámbito académico, se incluyen 3 actividades realizadas en la UCM, en el contexto de “Programas de innovación docente”, y “Acciones Complementarias”. Estas actuaciones abordan la función poética y utilitaria del “Origami”, en términos de economía espacial; así como la interacción entre el cuerpo y el espacio arquitectónico, escultórico, escenográfico y urbano. A partir de los procesos manuales, el uso de las tecnologías digitales facilita la abstracción geométrica en el diseño de estructuras complejas.

Análisis de datos

La investigación explora la función del “Origami” en la innovación docente, con el análisis de diferentes muestras de grupos de estudiantes, representativos del itinerario curricular, desde edades tempranas hasta ciclos universitarios. Esta información permite conocer el grado de efectividad de la papiroflexia para la educación y la investigación, y el impacto en la comunidad.

Los datos se examinan cualitativamente con un propósito exploratorio, a través de las múltiples variables, identificadas en los procesos de enseñanza-aprendizaje específicos.

De manera sistemática, el contenido teórico-práctico se evalúa en relación con los beneficios del “Origami”, lo que incluye la revisión de las instrucciones, los materiales y el plan de actividades, según cada caso.

Por otra parte, las acciones realizadas en la UCM permiten conocer el alcance del método propuesto en el ámbito universitario. En este sentido, a nivel cuantitativo, se consideran las siguientes categorías de análisis: “fomento de la creatividad y la innovación”, “frecuencia en el uso de la técnica del plegado”, “actitud colaborativa y activa”, “aplicación práctica de los conceptos teóricos en el contexto cultural” y “valores sociales y comunitarios”.

Resultados

Históricamente, el uso constructivo del papel-cartón favoreció la investigación en las Vanguardias artísticas, con procesos difícilmente realizables con otros materiales. Las propiedades genuinas del papel (ligereza, fuerza, resistencia, transparencia) facilitaron la visión espacial, a través del juego de superficies de geometría variable. Aunque dichos desarrollos no eran específicamente de “Origami”, supusieron la revisión sin precedentes del concepto del espacio en la escultura, a través del “ensamblaje” o la “construcción” (López, 2016, p. 130).

Figura 1. Picasso (1912). “Guitarra”. Cartón recortado, papel, lienzo, bramante, óleo y lápiz. 33 x 18 x 9,5 cm. Museo Picasso, París



Fuente:
<https://bit.ly/3QGLYUN>

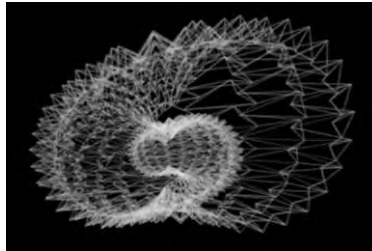
El “Origami” contemporáneo es el resultado de los avances realizados por A. Yoshizawa, el maestro japonés responsable de la popularización de la técnica del “plegado húmedo” (2) como medio de expresión artística. Además, a él se debe el sistema de interpretación de las secuencias de las dobleces, lo que propició la difusión mundial de la papiroflexia y la comprensión y réplica efectiva del plegado (antes, transmitido oralmente). La escuela de Yoshizawa se caracterizó por el enfoque creativo y autoexpresivo del “Origami”, inspirado en la naturaleza, para alentar a la creación de obras originales, en lugar de seguir las instrucciones sin más.

Desde el punto de vista científico, el universo se ha descrito doblado como una hoja de “Origami”. “El plegado es un lenguaje de estructura”, de manera que la “geometría plegada del universo provino de examinar la escala de los pliegues en la naturaleza como criterio para comprender los pliegues”, expresa el artista australiano Gardiner (s.f.). La robotización del “Origami” es la base de sus creaciones, bautizadas

como “oribots” (término compuesto de “ori” y “robot”) o prototipos escultóricos, ópticos y sonoros, fabricados digitalmente.

En el ámbito filosófico, el concepto de “pliegue” (3) de Deleuze (1989), junto a F. Guattari, propone que el mundo no es simplemente una superficie lisa y continua, sino que está compuesto de pliegues, despliegues, repliegues, conexiones y entrecruzamientos complejos. Esta idea se relaciona con la noción de que todo es plegable y está interrelacionado. “Como diría el filósofo japonés, la ciencia de la materia tiene por modelo el origami, o el arte del pliegue de papel” (p. 15). A partir de esta reflexión, se considera que el papel tiene memoria y “un pliegue es una marca eterna” (Couso, 2015, p. 15).

Figura 2. Gardiner, M. (2018). “The Folded Geometry of the Universe” [“La geometría plegada del universo”]. Representación 3D, estructura alámbrica 3D e imágenes reales del objeto escultórico “La geometría plegada del universo”



Nota: Gardiner explora los patrones estructurales de plegado presentes en la naturaleza, según el método de “Fold Mapping” [“Mapeo de pliegues”], donde la materia es programable, formal y dinámicamente, mediante pliegues

A principios de los años 90, los avances en la corriente occidental del “Origami” se realizan desde las áreas de la matemática, la ingeniería y la arquitectura. Las técnicas geométricas de R. Lang mediante programas informáticos (“TreeMaker” y “ReferenceFinder”) combinan la creatividad artística y la precisión algorítmica. Más adelante, a partir del “Origami” computacional (derivado del modular de R. Resch), T. Tachi optimizó los procesos con sistemas de arquitectura cinética plegables; como los presentados en la clase magistral en el Massachusetts Institute of Technology (MIT), en 2010, actualmente, muy extendidos entre los estudiantes por su gran usabilidad (De Souza, 2017, p. 87).

Los progresos en robótica describen las posibilidades constructivas y estructurales de la arquitectura origámica (edificios y carpas), según el modelo de la naturaleza. En este sentido, la investigación de K. Bertoldi consiste en la creación de estructuras inflables, autoportantes, multiestables, resistentes y desplegadas, de paredes rígidas (madera y metal), capaces de volver a su forma original mediante una bomba de vacío. En palabras del equipo: guiados por análisis geométricos y experimentos, creamos una biblioteca de formas biestables de origami. [...] que se bloquean en su lugar después del despliegue y ofrecen un recinto robusto a través de sus caras rígidas (Melancon et al., 2021, p. 545).

Figura 3. Bertoldi et al. (2021). “How origami is inspiring new kinds of emergency shelters” (“Cómo el origami está inspirando nuevos tipos de refugios de emergencia”). 21 de Abril de 2021. Nature Video



Nota: La economía espacial y fácil transporte y almacenamiento de estas estructuras, les otorga la función de refugios temporales de emergencia en caso de desastre

En el ámbito académico, la difusión del “Origami” modular se consolida gracias a la divulgación de Jackson (2011), cofundador del programa “Origametría” (4). Con el título “De la hoja a la forma” (p. 7), Jackson imparte talleres a estudiantes de moda, arte textil, artes aplicadas, diseño, arquitectura e ingeniería, en más de 80 universidades. Igualmente, destacamos la labor docente e investigadora de la papiroflexa Azcoaga (2013), impulsora del programa “Origami Celeste y Blanco”, desarrollado en 40 escuelas y colegios. El proyecto está orientado a la formación de más de 300 docentes, en Argentina. Aquí, el “Origami” se presenta como una herramienta “auxiliar para el desarrollo de varias habilidades esenciales en el proceso educativo” (p. 5), en la escuela inicial y elemental (de 4 a 12 años), además de una forma humana de intercambio, como explica Azcoaga (2010):

Una vez alguien me preguntó, mirando una pieza [de Origami] modular “¿Y esto para qué sirve?”. Desconcertada, [...] contesté “para hacer felices a 2 personas: a mí cuando la hice y a mi amigo cuando la recibió”. [...] debe haber placer en el aprender/hacer y en el dar (p. 27).

Igualmente, incluimos las conclusiones de los estudios en dos centros educativos peruanos: el primero, con un grupo de muestra de 10 menores de “Cuna-Jardín 324 Santísima Niña María”, en Huacho, que establece que la técnica del “Origami” se relaciona favorablemente con el desarrollo creativo de los niños de 5 años; aquí, el 100% del alumnado utiliza “los dedos con movimientos orientados por la flexión”, lo que demuestra que la técnica japonesa es “una necesidad para el desarrollo creativo” (Huachillo, 2018, p. 71). El segundo, en un colectivo de 185 estudiantes de 5º y 6º de Primaria y 20 docentes de “San Felipe”, en Sicuani. En este caso, el 60% del total afirma que a veces usa “la técnica del origami esporádicamente en el desarrollo de sus sesiones, contribuyendo de esta manera en el desarrollo de la creatividad y capacidad de concentración” (Apaza y Romero, 2017, p. 52). De este ensayo se extrae la necesidad de su implementación “en el área de arte a un nivel didáctico y pedagógico” (p. 83).

Más específicamente, el “Origami” modular se utiliza para los procesos de enseñanza-aprendizaje, fundamentalmente de matemáticas, porque permite “modelizar situaciones, resolver problemas, representar propiedades, construir con precisión, mejorar la visión espacial y, por qué no, recuperar o ejercitar la tan venida a menos destreza manual” (Ricotti, 2020, p. 14). Las denominadas “matemáticas del Origami” aparecen en la “papiroflexia modular” y los “axiomas de constructibilidad” (Royo, 2002, p. 178), en la enseñanza de ciencias físicas y matemáticas.

Si bien la papiroflexia se ha utilizado mayoritariamente en los estudios de Primaria, los relativos a la Educación Secundaria de matemáticas arrojan datos reveladores. El estudio llevado a cabo con 29 estudiantes de 3º ESO (grupo A) del colegio IES Cardenal Cisneros, en Madrid, se realizó mediante grupos colaborativos de 6 miembros, en 2 fases: la primera, con el abordaje de conceptos de geometría plana (teorema de Pitágoras, etc.), mediante la construcción modular en papel; la segunda, sobre geometría tridimensional (planos de simetría, la fórmula de Euler, entre otros), a través de la realización de formas poliédricas de módulos ensamblados. Para ello, se utilizaron los diagramas y los videotutoriales, difundidos por el grupo sevillano “Alquerque”; lo que denota la importancia del intercambio del

conocimiento y el uso de métodos docentes alternativos para “aumentar la significación y satisfacción del aprendizaje de las matemáticas” (Artamendi y García, 2017, p. 614).

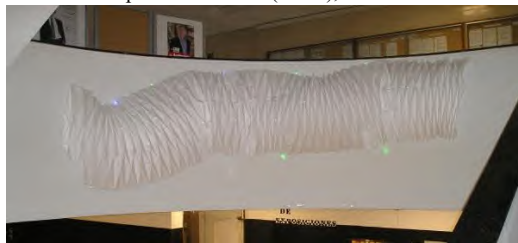
En el contexto universitario, se describen los resultados obtenidos del concurso a diferentes convocatorias de la UCM de 3 programas académicos: dos “Proyectos de Innovación docente” titulados “Arquiesculturas plegadas” (ref. n.º. 22), en 2015-2016, y “Artefactos escénicos para arte urbano” (ref. n.º. 35), en 2019-2020; una “Acción Complementaria”, denominada “Aproximación a estructuras generativas: diseños 3D a partir del Origami” (ref. AC41), en 2019, como se observa en las Figuras 4, 5 y 6, respectivamente. Los dos primeros están centrados en las interacciones entre la escultura y la arquitectura con “Origami”, según la noción de “arquiescultura” (el diálogo establecido entre la escultura y la arquitectura, en las últimas décadas, y la borrosa frontera entre ambas). El segundo proyecto se enfoca en la producción de estructuras plegadas para eventualidades escénicas callejeras (musicales, teatrales...), esto es, artefactos portátiles de fácil replicación para espectáculos urbanos.

A través de la tercera actividad se propone el uso del papel plegado y el software 3D, para aliviar las dificultades detectadas con respecto a la visión espacial y la traducción del soporte bidimensional del papel al desarrollo tridimensional. Así, los lenguajes de programación visual traducen digitalmente el diagrama, de forma perceptible y accesible:

Los patrones en papel describen datos planimétricos procesables digitalmente. Tecnologías emergentes como el Rhinoceros (modelador 3D) y Grasshopper (editor de algoritmos generativos) son interfaces de gran funcionalidad en la creación y edición de geometrías. Estas herramientas implementan las posibilidades de exploración y experimentación para el perfeccionamiento de las estructuras diseñadas (Bellas Artes, 2019).

En los tres programas mencionados se utiliza la técnica del “Origami” modular rígido (u “Origami” arquitectónico), orientado al plegado de materiales planos no flexibles (cartón, metal o plástico) para crear formas rígidas. A diferencia del tradicional, el “Origami” rígido permite el uso de cortes y pegamento para lograr resultados más complejos, funcionales y estables, con diseños innovadores y formas más detalladas que las que se pueden lograr con el papel. En nuestro caso, el pliegue Miura (5) ha permitido una ventaja constructiva en la creación de artefactos de cubrición, con alta economía espacial, y la posibilidad, incluso, de albergar circunstancialmente el anclaje de fuentes acústicas o luminosas.

Figura 4. Proyecto de innovación docente “Arquiesculturas plegadas”, a través del Programa “Proyectos de Innovación y Mejora de la Calidad Docente (PIMCD)”, financiado por el Vicerrectorado de Evaluación de la Calidad de la Universidad Complutense Madrid (UCM), en la convocatoria 2015-2016 (ref. n.º 22)



Nota: Instalación efímera “Lumen”, realizada de forma colectiva en la asignatura de posgrado “Materiales y nuevas tecnologías en la escultura”, impartida por A. Gallinal, en el Máster de Investigación, Arte y Creación MIAC, Universidad Complutense de Madrid (UCM). Hall de entrada de la Facultad de Bellas Artes UCM, 2015. En el proyecto participan los estudiantes de la asignatura de grado en Bellas Artes, “Creación y materiales”, impartida por P. Matía (Gallinal, Gutiérrez, López, y Matía, 2016)

Figura 5. Proyecto de innovación docente “Artefactos escénicos para arte urbano”, a través del Programa “Proyectos de innovación, Innova-docencia”, financiado por el Vicerrectorado de Calidad de la Universidad Complutense Madrid (UCM), en la convocatoria 2019-2020 (ref. nº 35)



Nota: El prototipado está realizado a cargo de los doctorandos, y el modelado digital por la estudiante de grado UCM y el PDI de UAM (Gallinal, Conty, Blázquez, Llorente, Bolumburu, y Martínez, 2020)

Figura 6. Curso “Aproximación a estructuras generativas: diseños 3D a partir de la técnica del Origami”, a través del “Programa (AC) Acciones Complementarias”, financiado por el Vicedecanato de Relaciones Institucionales y Cultura, y el Dpto. de Escultura de la Facultad de Bellas Artes, Universidad Complutense de Madrid (UCM), en la convocatoria 2018-2019 (ref. AC41)



Nota: La convocatoria de “Acciones Complementarias” está abierta a los miembros de la comunidad universitaria (estudiantes, PDI, PAS, alumni y personas ajenas a la Facultad de Bellas Artes), con el objetivo de crear proyectos innovadores para la creación, producción y difusión de la cultura

(2) Además del “Origami” clásico –realizado a partir de un papel cuadrado para la creación de figuras de animales y objetos simples–, destacamos las distintas técnicas de plegado: húmedo; modular y teselado; puro. En los años 50, Yoshizawa desarrolló la técnica escultórica del “plegado húmedo”, basada en humedecer el soporte antes de plegarlo, y propuso el sistema de notación diagramática (Sistema Yoshizawa-Randlett, 1956), a base de pliegues hacia abajo (“valle”, representado con una línea) o arriba (“montaña”, en línea discontinua o punteada), para explicar el detalle de todos los pasos. Además, el “Origami” modular está formado por módulos ensamblados para formar una estructura tridimensional más grande, a diferencia del teselado, definido por un diseño de patrones geométricos con efectos visuales más complejos. Por otra parte, J. Smith creó en los años 70 el “puro Origami” (“Pureland Origami”), adaptado para personas con dificultades motoras mediante modelos de plegado de dobleces limitadas.

(3) La noción de “pliegue” en Deleuze y Guattari se asocia a la interpretación de la filosofía de Leibniz y su concepto de “mónadas”. En este contexto, el “pliegue” representa la forma en que cada “monada”, unidad individual no física, participa en la creación y percepción del universo y está en constante comunicación y cambio a través de pliegues y despliegues, más allá de la concepción tradicional de la realidad como algo simple y unidimensional.

(4) La “Origametría” es un sistema matemático desarrollado por Golan y Jackson (2009) para la enseñanza de geometría a través del “Origami”. Este sistema se basa en principios geométricos (para descomponer las figuras en elementos más simples) y matemáticos (para comprender las relaciones entre las proporciones, los ángulos y las divisiones en el papel). Las contribuciones de la “Origametría” han sido valiosas a nivel internacional, ya que han proporcionado una herramienta efectiva para analizar y comprender cómo se relacionan las partes del modelo y la manera de plegar.

(5) Este pliegue fue desarrollado por el astrofísico japonés K. Miura en los años 70 y ha encontrado aplicaciones en diversos campos, debido a su eficacia en el embalaje y la capacidad repetible de (des)plegado sin deformidad, presente en: la tecnología espacial (paneles solares de satélites); el diseño de moda (para facilitar el transporte y almacenamiento de las prendas) y cartográfico (mapas plegados en formas compactas y desplegados para mostrar la información detallada). Este pliegue sigue un patrón específico de diagonales en zigzag: cuando se dobla en una dirección, la estructura se colapsa en una forma plana (en un solo movimiento), y en la dirección opuesta, se expande en crestas y valles, propios de la estructura de teselación de paralelogramos.

Discusión

En este estudio exploramos los efectos del uso del “Origami” desde el avance científico en ingeniería, matemática, arquitectura, escultura y educación. Los resultados revelan el potencial didáctico de la técnica ancestral, a partir de las investigaciones en las ciencias aplicadas y humanas, de la mano de las tecnologías emergentes.

Se ha observado cómo el “Origami” tiene un impacto significativo en el entorno de enseñanza-aprendizaje para el rendimiento cognitivo, con el respaldo de las fuentes consultadas que demuestran que el “Origami” fomenta la visión espacial, el pensamiento creativo, y la necesidad docente de métodos docentes alternativos.

Además, las estructuras origámicas de gran formato requieren del trabajo colaborativo. La sinergia grupal favorece la eficiencia constructiva con utilidad social (refugios temporales o artefactos escénicos callejeros) y la programación digital. Este hallazgo resalta la importancia de las estrategias proyectuales paramétricas como solución creativa alternativa, desde lo manual (diagrama en papel) a lo virtual (modelo generativo). En este sentido, las técnicas de plegado de “Origami” rígido y los materiales sintéticos de nueva tecnología generan resultados más resistentes y precisos frente al papel convencional; al igual que la experimentación con papel-cartón facilitó la revolución artística de las Vanguardias, inviable con otros materiales. Esto sugiere que la función social del arte y el desarrollo tecnológico promueven la innovación, en respuesta a los desafíos académicos con la sociedad y la aplicación del conocimiento.

El diseño computacional permite simulaciones informatizadas con infinitas variaciones formales (no un único resultado). Este hallazgo constata cómo el “Origami” robótico se consolida para la creación sofisticada de estructuras modulares de ingeniería y arquitectura. Así, se constata el valor universal de la papiroflexia, donde todo es plegable y guarda la memoria del pliegue. Igualmente, entendemos que la práctica reflexiva docente es fundamental para analizar y evaluar la divulgación del saber según las realidades socioculturales, mediante el intercambio continuo y con nuevas perspectivas.

Este estudio proporciona la evidencia empírica (observacional y experimental) de que el “Origami” puede tener un impacto positivo en el conocimiento y la función comunitaria. Para futuras investigaciones se plantea profundizar en los mecanismos subyacentes que explican estos efectos, desde una metodología transdisciplinar. Si bien, desde el punto de vista técnico, el “Origami” ha sido impulsado por los avances científicos, consideramos necesario abrir nuevas vías de investigación en las ciencias humanas. Esto genera el debate en relación con la falta de formación docente y el respaldo crucial de las políticas educativas al respecto, a nivel mundial.

Conclusiones

Esta investigación empírica confirma la efectividad del “Origami” en diferentes niveles educativos, en los ciclos de Primaria, Secundaria, grado y posgrado universitarios, así como su influencia en el entorno social y la investigación. A partir de los hallazgos y el análisis de los datos, podemos concluir lo siguiente:

Si bien la técnica del papel plegado se impregna de los desarrollos culturales, científicos y tecnológicos de la época, aquel conforma una estrategia innovadora de gran valor histórico y multidisciplinar. El “Origami” puede integrarse fácilmente en el currículo porque se adapta a las diferentes áreas de conocimiento referidas. En este sentido, las ciencias matemáticas y computacionales permiten modelar y resolver problemas relacionados con la representación de patrones de papel y la optimización de pliegues, para abordar los desafíos técnicos de una manera accesible y con responsabilidad social. Además, el uso del “Origami” modular rígido facilita la economía espacial y el montaje de estructuras diseñadas generativamente para el espacio urbano.

Si bien se necesita optimizar la metodología a largo plazo, el “Origami” resulta una estrategia pedagógica eficaz en el desarrollo de las habilidades sociales, cognitivas, actitudinales y motoras.

Finalmente, los resultados de este estudio apoyan la idea de que el “Origami” es una herramienta versátil para la resolución de problemas, el pensamiento espacial, la coordinación mano-ojo y el fomento del aprendizaje participativo, en una variedad de entornos de enseñanza-aprendizaje y áreas de investigación.

Referencias

- Apaza, H. y Romero, R. (2017). *El Origami como recurso pedagógico para el desarrollo de las Artes Plásticas en la Institución Educativa n° 56008 San Felipe de Sicuani* (Trabajo Fin de Grado). Escuela Superior Autónoma de Bellas Artes “Diego Quispe Tito” del Cusco. Recuperado de: <https://bit.ly/3Fz8Kas>
- Artamendi, B. y García, M. (2017). Origami modular y el aprendizaje de geometría en Educación Secundaria. En *Actas VIII Congreso Iberoamericano de Educación Matemática* (pp. 607-621). Madrid: FESMP.
- Azcoaga, L. (2010). Reflexiones sobre la didáctica del Origami. *Plegando al Sur: Primera Revista de Origami en Argentina*, 1(1), 26-27.
- Azcoaga, L. (2013). El origami como herramienta educativa: experiencias docentes en el conurbano bonaerense. En P. Inen, P. Frisch, y N. Stoppani (Dir.), *I Encuentro hacia una pedagogía emancipatoria en nuestra América*, 1 (pp. 3-7). Buenos Aires: Centro Cultural de la Cooperación Floreal Gorini.
- Bellas Artes (2019). Aproximación a estructuras generativas 3D a partir de la técnica del Origami. *Boletín Noticias Frescas*, 143, 14-15. UCM. Recuperado de: <https://bit.ly/40fBeQ7>
- Couso, A. (2015). *Escultura plegada. Estrategias escultóricas contemporáneas a partir del Origami* (Trabajo Fin de Máster). UCM. Recuperado de: <https://bit.ly/3QcWX6J>
- De Souza, P. (2017). *El pliegue en la arquitectura* (Tesis doctoral). Universidad Politécnica de Madrid. doi: 10.20868/UPM.thesis.47994
- Deleuze, G. (1989). *El Pliegue, Leibniz y el Barroco*. Barcelona: Paidós Ibérica.
- Gallinal, A., Conty, A., Blázquez, A., Llorente, D., Bolumburu, J., y Martínez, P. (2020). *Artefactos escénicos para arte urbano (Proyecto de innovación docente)*. UCM. Recuperado de: <https://bit.ly/45LBuYg>
- Gallinal, A., Gutiérrez, J., López R., y Matía, P. (2016). *Arquiesculturales plegadas (Proyecto de innovación y mejora de la calidad docente)*. UCM. Recuperado de: <https://bit.ly/3Fz92OA>
- Gardiner, M. (s.f). *Ori*lab. The art of science of folding and Technology*. Recuperado de: <https://bit.ly/496DvkJ>
- Golan, M. y Jackson, P. (2009). Origametry: A Program to Teach Geometry and to Develop Learning Skills Using the Art of Origami. En R. Lang (Ed.), *Origami 4* (pp. 459-471). Nueva York: A k Peters/CRC Press. doi: 10.1201/b10653
- Huachillo A. (2018). *La técnica de Origami y su relación con el desarrollo creativo de los niños de cinco años* (Trabajo Fin de Grado). Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, Huacho. Recuperado de: <https://bit.ly/475fh8B>
- Jackson, P. (2011). *Técnicas de plegado para diseñadores y arquitectos*. Barcelona: Promopress.
- López, R. (2016). Picasso: esculturas en papel para un nuevo pensamiento estético. *Boletín de Arte*, 37, 129-138.

Melancon, D., Gorissen, B., García-Mora, B., Hoberman, C., y Bertoldi, K. (2021). Multistable inflatable origami structures at the metre scale. *Nature*, 592, 545-550. doi: 10.1038/s41586-021-03407-4

Ricotti, S. (2020). *Geometría y origami. Una fiesta con papeles para la clase de matemáticas*. Rosario: Homo Sapiens Ediciones.

Royo, J. (2002). Matemáticas y papiroflexia. Sigma. *Revista de Matemáticas*, 21, 176-192.



Edita: ASUNIVEP

