

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
FACULTAD DE EDUCACIÓN



TESIS DOCTORAL

**Factores que determinan el éxito académico de los estudiantes en
las áreas de ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas(STEM)**

MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR

PRESENTADA POR

Edjean M. Calderón Cruz

Directora

María José Fernández Díaz

Madrid

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
FACULTAD DE EDUCACIÓN



TESIS DOCTORAL

**Factores que determinan el éxito académico de los estudiantes en las
áreas de ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas (STEM)**

MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTORA

PRESENTADA POR

Edjean M. Calderón Cruz

DIRECTORA

Dr. Dña. María José Fernández Díaz

Dedicatoria

A mi madre, por enseñarme lo importante de ser fiel a mí misma.

*Yo quise ser como los hombres quisieron que yo fuese:
un intento de vida;
un juego al escondite con mi ser.
Pero yo estaba hecha de presentes,
y mis pies planos sobre la tierra promisoro
no resistían caminar hacia atrás,
y seguían adelante, adelante,
burlando las cenizas para alcanzar el beso
de los senderos nuevos.*

*A cada paso adelantado en mi ruta hacia el frente
rasgaba mis espaldas el aleteo desesperado
de los troncos viejos.*

*Pero la rama estaba desprendida para siempre,
y a cada nuevo azote la mirada mía
se separaba más y más y más de los lejanos
horizontes aprendidos:
y mi rostro iba tomando la expresión que le venía de adentro,
la expresión definida que asomaba un sentimiento
de liberación íntima;
un sentimiento que surgía
del equilibrio sostenido entre mi vida
y la verdad del beso de los senderos nuevos.*

*Ya definido mi rumbo en el presente,
me sentí brote de todos los suelos de la tierra,
de los suelos sin historia,
de los suelos sin porvenir,
del suelo siempre suelo sin orillas
de todos los hombres y de todas las épocas.*

Y fui toda en mí como fue en mí la vida...

*Yo quiese ser como los hombres quisieron que yo fuese:
un intento de vida;
un juego al escondite con mi ser.
Pero yo estaba hecha de presentes;
cuando ya los heraldos me anunciaban
en el regio desfile de los troncos viejos,
se me torció el deseo de seguir a los hombres,
y el homenaje se quedó esperándome.*

Julia de Burgos

Agradecimientos

Desde el comienzo de la elaboración de esta tesis doctoral he afrontado diferentes experiencias de vida que han aportado aspectos importantes a mi formación humana, rompiendo esquemas mentales para asumir desde entendimientos un poco más sensibles con mi yo, mis nuevas realidades.

En el camino recorrido para alcanzar este escalón personal, académico y profesional varias personas han servido de inspiración, apoyo y acompañamiento. Primeramente, deseo destacar a la directora de esta tesis doctoral, la Dra. María José Fernández Díaz, por confiar en mis capacidades. Gracias por el compromiso asumido para hacer tangible esta investigación, sus recomendaciones fueron un aporte invaluable para la articulación, madurez y culminación de este arduo trabajo.

Asimismo, tengo que destacar el compromiso demostrado por cada uno de los profesores y estudiantes que voluntariamente participaron de esta investigación, sus vivencias y expresiones fueron vitales para este estudio. Especialmente quisiera agradecer de forma especial al Dr. Juan Lucas Onieva, quien colaboró inmensamente en la revisión y edición del texto.

Finalmente, y no menos importante doy gracias a mi madre quien, a pesar del reto que supone su diagnóstico de Alzheimer, me enseña que los vínculos de amor trascienden lo físico. Mami, eres mi fuente de inspiración. De igual manera, quisiera dar las gracias a mis tíos Ruth N. Díaz Cruz y Edgardo Cruz Cruz, quienes desde la distancia física me acompañan. A mi hermana por elección, Orquídea M. Frías Belén, muchas gracias por tu presencia y apoyo incondicional durante diferentes etapas de mi vida. A todos estos seres que me acompañan, gracias por ayudarme a darle sentido a este rompecabezas sin instrucciones que debemos descifrar y llamamos vida.

ÍNDICE

Declaración de autoría y originalidad.....	ii
Dedicatoria	iv
Agradecimientos.....	v
Resumen de la tesis doctoral	1
Abstract.....	3
 Introducción.....	 5
 PRIMERA PARTE: MARCO TEÓRICO.....	 15
Capítulo I. La educación en STEM. Características y competencias	15
1.1. La relevancia de la ciencia y tecnología en las últimas décadas	15
1.2. La importancia de STEM en el desarrollo de las sociedades	20
1.3. Competencias que se adquieren con el aprendizaje en STEM	32
1.4. Una radiografía de la educación en STEM.....	43
1.4.1. Las ofertas de programas en STEM y el número de titulados.....	50
1.4.2. El sexo y la raza como variables en la formación y finalización de los estudios en STEM.....	54
 Capítulo II. El valor de las experiencias en investigación del alumnado	 66
2.1. Las experiencias en investigación	66
2.2. Beneficios para el alumnado que participa en experiencias de investigación.....	71
2.3. Análisis de los objetivos generales de los programas que ofrecen experiencias de investigación.....	76
 Capítulo III. Investigaciones y evaluaciones de la educación en STEM	 82
3.1. Evidencias relacionadas con la retención y participación en STEM.....	82
3.2. Evidencias relacionadas con la promoción de las prácticas y saberes de las disciplinas en STEM	87

3.3. Evidencias relacionadas con la integración de los estudiantes en la cultura de STEM.....	89

SEGUNDA PARTE: ESTUDIO EMPÍRICO.....93

Capítulo IV. Método.....93

4.1. Antecedentes del problema bajo estudio	94
4.2. Justificación y contextualización del problema.....	97
4.2.1. Habilidades desarrolladas en estudiantes formados en STEM.....	97
4.2.2. La educación de las minorías étnicas en STEM. El caso de los hispanos.....	102
4.2.3. La escasez de datos y la precaria evaluación de programas en STEM.....	105
4.3. Preguntas de investigación	108
4.4. Objetivos generales y específicos.....	109
4.5. Definiciones operativas de las variables.....	109
4.6. Tipo y enfoque de la investigación.....	110
4.7. Diseño de investigación.....	111
4.8. Población y muestra	113
4.9. Técnica e instrumento para la recopilación de datos.....	115
4.10. Recogida de los datos	117
4.11. Aspectos éticos de la investigación	121

Capítulo V. Análisis de datos e interpretación de los resultados. 123

5.1. Fase Cualitativa	124
5.1.1. Características de la muestra de la fase cualitativa.....	128
5.1.2. Descripción de los programas de entrenamiento en investigación.....	132
5.1.3. Dimensiones y categorías de análisis de la información cualitativa	136
5.1.3.1. Dimensión I: destrezas de investigación.	136
5.1.3.2. Dimensión II: destrezas profesionales.....	141
5.1.3.3. Dimensión III: aspectos de la personalidad.....	144
5.2. Desarrollo del instrumento de investigación	149
5.3. Revisión de la literatura.....	150
5.4. Juicio de expertos	160
5.5. Versión final del instrumento	161

5.6. Fase Cuantitativa	162
5.6.1. Características de la muestra de la fase cuantitativa.....	162
5.6.2. Estudio técnico del instrumento	166
5.6.2.1. Análisis de ítems y fiabilidad.	166
5.6.2.2. Evidencias de validez relativas a la estructura interna del instrumento.	180
5.6.2.3. Análisis Factorial Exploratorio.....	180
5.6.2.4. Análisis Factorial Confirmatorio	185
5.6.2.5. Especificación del modelo.....	185
5.6.2.6. Identificación del modelo.	187
5.6.2.7. Estimación de los parámetros	188
5.6.2.8. Evaluación del modelo..	188
5.6.2.9. Modificación del modelo.....	190
5.6.3. Técnicas para el análisis de los datos	193
5.6.3.1. Análisis descriptivo de los datos..	193
5.6.3.2. Análisis inferenciales.....	208
5.6.3.3. Análisis de varianza.....	208
5.6.3.4. Prueba de U de Mann-Whitney: Comparaciones entre los beneficios de los estudiantes y el nivel académico..	211
5.6.3.5. Prueba de Kruskal-Wallis: Comparaciones entre los beneficios de los estudiantes y el género.	212
5.6.3.6. Prueba de Kruskal-Wallis. Comparaciones entre los beneficios de los estudiantes y sus intenciones académicas y profesionales futuras.....	220
5.6.3.7. Cuantificación del tamaño del efecto.	222
Conclusiones.....	226
Referencias bibliográficas.....	247
ANEXOS	
ANEXO 1 HOJA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO	264
ANEXO 2 PROTOCOLO DE ENTREVISTAS	268
ANEXO 3 INSTRUMENTOS PARA EVALUAR LAS EXPERIENCIAS DE INVESTIGACIÓN	272

ANEXO 4 CORRESPONDENCIA DE LOS ÍTEMS QUE SE IDENTIFICAN EN LA LITERATURA CON LAS CATEGORÍAS BAJO ANÁLISIS DE LA FASE CUALITATIVA	277
ANEXO 5 RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DE LOS ÍTEMS QUE REALIZARON LOS EXPERTOS PLANTEARON.....	285
ANEXO 6 COMUNALIDADES Y UNICIDADES ANÁLISIS FACTORIAL EXPLORATORIO	295
ANEXO 7 MATRIZ PATRÓN O DE CONFIGURACIÓN ROTADA ANÁLISIS FACTORIAL EXPLORATORIO	298
ANEXO 8 MATRIZ DE RESIDUOS ESTANDARIZADOS	303
ANEXO 9 ESTIMACIÓN DE LOS PARÁMETROS ANÁLISIS FACTORIAL CONFIRMATORIO.....	305
ANEXO 10 CORRELACIONES ESTIMADAS POR BOOTSTRAP	308
ANEXO 11 GRÁFICOS Q-Q NORMAL	310

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Comparativa de salarios con y sin formación en STEM	27
Tabla 2 Proyecciones en las ocupaciones en STEM para 2029	29
Tabla 3 Comparación conceptual de las destrezas necesarias para el Siglo XXI.....	41
Tabla 4 Estudiantes con visa de estudio en EE. UU. por nivel académico	61
Tabla 5 Carreras con mayor demanda entre estudiantes extranjeros entre 2017-2020	61
Tabla 6 Principales países de origen de los estudiantes con visa temporal de estudio.....	62
Tabla 7 Valor que se otorga a diferentes destrezas al reclutar trabajadores recién graduados.....	98
Tabla 8 Valor porcentual de los empresarios a las destrezas de recién graduados	99
Tabla 9 Breve descripción de los análisis realizados	123
Tabla 10 Descripción de los docentes que participaron en las entrevistas.....	128
Tabla 11 Descripción general de los programas que representan los docentes participantes	133
Tabla 12 Frases codificadas bajo la categoría de destrezas de laboratorio	137
Tabla 13 Frases codificadas bajo la categoría de método científico	139
Tabla 14 Frases codificadas bajo la categoría de revisión de literatura	141
Tabla 15 Frases codificadas bajo la categoría de manejo de datos	142
Tabla 16 Frases codificadas bajo la categoría de destrezas de comunicación.....	143
Tabla 17 Frases codificadas bajo la categoría de identidad científica.....	144
Tabla 18 Frases codificadas bajo la categoría de clarificación de carreras futuras.....	147
Tabla 19 Instrumentos como referentes para la validación de los datos obtenidos.....	151
Tabla 20 Estadísticos descriptivos de la variable de tiempo realizando investigaciones.....	165
Tabla 21 Frecuencia de respuesta por categoría para los ítems bajo el concepto de destrezas generales de laboratorio.....	167
Tabla 22 Frecuencia de respuesta por categoría para los ítems bajo el concepto de conocimiento del método científico	169

Tabla 23 Frecuencia de respuesta por categoría para los ítems bajo el concepto de destrezas de revisión de literatura	170
Tabla 24 Frecuencia de respuesta por categoría para los ítems bajo el concepto de destrezas para el manejo de los datos.....	171
Tabla 25 Frecuencia de respuesta por categoría para los ítems bajo el concepto de destrezas de comunicación.....	172
Tabla 26 Frecuencia de respuesta por categoría para los ítems bajo el concepto de identidad científica	173
Tabla 27 Frecuencia de respuesta por categoría para los ítems bajo el concepto de clarificación de trayectoria profesional	175
Tabla 28 Análisis de la discriminación de los ítems categoría de destrezas generales de investigación.....	176
Tabla 29 Análisis de la discriminación de los ítems categoría de conocimiento del método científico	177
Tabla 30 Análisis de la discriminación de los ítems categoría de destrezas de revisión de literatura.....	177
Tabla 31 Análisis de la discriminación de los ítems categoría de destrezas de manejo de datos.....	177
Tabla 32 Análisis de la discriminación de los ítems categoría de destrezas de comunicación	178
Tabla 33 Análisis de la discriminación de los ítems categoría de identidad científica	178
Tabla 34 Análisis de la discriminación de los ítems categoría de clarificación de trayectoria profesional	179
Tabla 35 Coeficientes de fiabilidad alpha de Cronbach para cada categoría de análisis	179
Tabla 36 KMO y prueba de esfericidad de Bartlett.....	181
Tabla 37 Resultados de la fase inicial de la extracción de autovalores de la matriz	182
Tabla 38 Resultados de la fase inicial de la extracción de los autovalores de la matriz final tras eliminar ítems	184
Tabla 39 Índices de bondad de ajuste del modelo inicial	189
Tabla 40 Índices de bondad de ajuste modelo original y modificado	191
Tabla 41 Descriptivos variable destrezas generales de investigación	194
Tabla 42 Descriptivos variable conocimiento del método científico	196

Tabla 43 Descriptivos variable destrezas revisión de literatura	197
Tabla 44 Descriptivos variable destrezas para el manejo de datos.....	199
Tabla 45 Descriptivos variable destrezas de comunicación	200
Tabla 46 Descriptivos variable identidad científica	201
Tabla 47 Descriptivos variable tiempo realizando investigación.....	203
Tabla 48 Índice de Variación Cualitativa	205
Tabla 49 Contraste de normalidad.....	209
Tabla 50 Pruebas de homogeneidad de varianza.....	210
Tabla 51 Resultados prueba de U Mann-Whitney	212
Tabla 52 Resultados prueba de Kruskal-Wallis	213
Tabla 53 Resultado de las comparaciones.....	214
Tabla 54 Resultados prueba de Kruskal-Wallis por nivel académico de los estudiantes.....	215
Tabla 55 Resultado de las comparaciones entre la revisión de literatura y el género de los estudiantes graduados	216
Tabla 56 Resultado de las comparaciones entre la revisión de literatura y el género de los estudiantes graduados	218
Tabla 57 Resultado de las comparaciones entre la identidad científica y el género de los estudiantes graduados	219
Tabla 58 Resultados prueba de Kruskal-Wallis	220
Tabla 59 Variables de intenciones académicas y profesionales futuras.....	221
Tabla 60 Relación entre la variable tiempo realizando investigación con el nivel y las intenciones académicas y profesionales futuras de los estudiantes.....	223
Tabla 61 Relación entre el género de los estudiantes y la identidad científica	224
Tabla 62 Relación entre el género y las destrezas de revisión de literatura y comunicación en estudiantes graduados	225

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Tasas de desempleo de personas con formación y si ella en STEM.....	29
Figura 2 Destrezas del modelo Assessment and Teaching of 21 st Century Skills.....	36
Figura 3 Modelo conceptual del P21	37
Figura 4 Educación en STEM y su relevancia	43
Figura 5 Países participantes en la administración de las pruebas TIMMS	46
Figura 6 Rendimiento en matemática de los estudiantes de cuarto y octavo grado	47
Figura 7 Rendimiento en ciencias de los estudiantes de cuarto y octavo grado.....	48
Figura 8 Doctorados conferidos entre 2000-2017	52
Figura 9 Matrícula de estudiantes internacionales en educación en 2018.....	57
Figura 10 Estudiantes con título de bachillerato en STEM en EE. UU. por raza.....	58
Figura 11 Estudiantes (ciudadanos y residentes de EE.UU. por raza y etnia) con doctorado en STEM	59
Figura 12 Subvención de iniciativas que promueven las experiencias en investigación	67
Figura 13 Ganancias a nivel personal y profesional de los estudiantes tras participar de EI.....	72
Figura 14 Descripción de los diferentes modelos de integrar las EI en la Educación.....	76
Figura 15 Metas de los programas de investigación en STEM	79
Figura 16 Qué tienen cuenta los empresarios al reclutar estudiantes recién graduados.....	100
Figura 17 Diagrama de las fases de la investigación con enfoque metodológico mixto.....	112
Figura 18 Recopilación de información y datos en las etapas del estudio empírico	115
Figura 19 Representación visual de las etapas de recopilación de información	118
Figura 20 Dimensiones del instrumento de investigación.....	120
Figura 21 Universidades y líneas de investigación de los programas de los participantes	162
Figura 22 Distribución de la muestra según sexo y nivel académico.....	163
Figura 23 Distribución de las concentraciones académicas de los estudiantes	164

Figura 24 Semestres realizando investigaciones en los programas.....	164
Figura 25 Distribución porcentual de los planes futuros de los estudiantes según su nivel académico	165
Figura 26 Gráfico de Sedimentación	182
Figura 27 Representación gráfica del modelo original.....	187
Figura 28 Estimación de Parámetros Estandarizados para el Modelo Modificado	192
Figura 29 Histograma de frecuencia de la variable destrezas generales de investigación	195
Figura 30 Histograma de frecuencia de la variable conocimiento del método científico	196
Figura 31 Histograma de frecuencia de la variable destrezas revisión de literatura	198
Figura 32 Histograma de frecuencia de la variable destrezas para el manejo de datos.....	199
Figura 33 Histograma de frecuencia de la variable destrezas de comunicación	201
Figura 34 Histograma de frecuencia de la variable identidad científica	202
Figura 35 Histograma de frecuencia de la variable tiempo realizando investigación	203
Figura 36 Diagrama de caja y bigote para las variables cuantitativas.....	204
Figura 37 Distribución porcentual de la variable género y nivel académico	206
Figura 38 Distribución porcentual de la variable intención de planes académicos y profesionales futuros.....	207
Figura 39 Gráfico de líneas de la relación entre la identidad científica y el género	214
Figura 40 Gráfico de líneas de la relación entre la revisión de literatura y el género de los estudiantes graduado	216
Figura 41 Gráfico de líneas de la relación entre las destrezas de comunicación y el género de los estudiantes graduados	217
Figura 42 Gráfico de líneas de la relación entre la identidad científica y el género de los estudiantes graduados	219

Resumen de la tesis doctoral

Factores que determinan el éxito académico de los estudiantes en las áreas de ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas (STEM)

Promover la alfabetización en STEM facilita el desarrollo de competencias y destrezas necesarias que fomentan una participación de los cuidamos. Sin embargo, diversas barreras limitan el acceso a una educación en STEM necesarias para el en Siglo XXI, en especial pertenecer a un grupo étnicos y raciales minoritario y ser mujer. A fin de aminorar la brecha existente, los gobiernos han creado iniciativas como los programas que ofrecen experiencias de investigación con el fin de exponerlos a una experiencia autentica de aprendizaje donde, de la mano de un profesor o mentor, se espera que el estudiante adquiriera conocimientos y destrezas necesarias para desarrollar prácticas y saberes, a la vez que se integra a la comunidad científica y se promueve su retención en diversos campos de STEM. Pese a que literatura apoya la creación e inversión en programas que promueven experiencias de investigación en los grupos pocos representados, los estudios que presentan evidencias empíricas que analizan los beneficios y factores que promueven el éxito académico y profesional de que estudiantes hispanos en STEM, luego de participar de estas experiencias, ha sido poco estudiado. De acuerdo con lo expuesto, el propósito general de la presente investigación doctoral se encausó hacia la identificación de aquellos factores que facilitan que estudiantes hispanos continúen sus estudios y tengan éxito en carreras en STEM, valiéndonos de una metodología mixta. Concretamente, se incorporó un diseño de tipo exploratorio secuencial, para el cual se integró el modelo de desarrollo de instrumentos mediante la implementación de fases de investigación, una primera fase de carácter cualitativa seguida de una segunda fase de corte cuantitativa. Durante la primera fase cualitativa, se entrevistaron cinco profesores que dirigen

programas de entrenamiento en investigación. Del análisis del contenido surgieron siete factores que guiaron la creación de un instrumento. Durante la fase cuantitativa se evaluaron las propiedades psicométricas del instrumento mediante juicio de expertos y análisis factorial exploratorio y confirmatorio. Como resultado de los análisis de fiabilidad y análisis de estructura interna del instrumento, se aporta una versión final del instrumento se redujeron a seis los factores sobre los cuales analizamos los beneficios que obtienen los estudiantes, estos son: destrezas generales de laboratorio, conocimiento del método científico, destrezas de revisión de literatura, destrezas para el manejo de los datos, destrezas de comunicación, identidad científica. Las evidencias de validez mostraron valores de fiabilidad superiores a los expuestos en la literatura y parámetros de ajuste aceptables. De los análisis inferenciales se concluye los estudiantes graduados que se identifican como mujer muestran beneficios estadísticamente superiores en las destrezas de revisión de literatura, destrezas de comunicación e identidad científica. De igual forma se identificó que a medida que aumenta el tiempo de trabajo en un laboratorio de investigaciones, los estudiantes muestran intereses académicos y profesionales más altos en STEM, lo que a su vez se puede traducir en un aumento de la persistencia y retención de los estudiantes en estos campos.

Abstract

STEM literacy fosters the development of competencies and skills needed to enhance citizens' active participation. However, barriers associated with ethnicity, racial group, and gender limit equal access to STEM education required for the XXI Century. To reduce educational disparities and "patched the STEM pipeline," governments have developed different initiatives to support underrepresented students with educational interventions and research training programs. Research training programs offer students an authentic educational experience that enables them to learn STEM disciplinary knowledge and skills while working under the mentorship, thus fostering the integration of the student to the scientific community and promoting their retention in different STEM fields. Even though the literature supports the creation and funding of research programs in underrepresented students, the empirical studies that support students' gains and analyze the factors that promote Hispanic students' academic and professional success in STEM are scarce. Within this context, using mixed-method research, the general objective of the following dissertation was to identify factors that facilitate Hispanic students' persistence and success in STEM careers. Specifically, we integrated an exploratory sequential design following the instrument development model that recommends the implementation of two strands; the first one incorporated a qualitative approach followed by a quantitative phase. During the qualitative phase of the study, we interviewed five faculty members that direct research programs. Seven factors emerged from the content analysis and were used to develop a questionnaire. We evaluated the instrument psychometric properties with an expert panel and an exploratory and confirmatory factor analysis during the quantitative phase. As a result of the reliability analysis and the assessment of the internal structure of the instrument, we reduced the factors to six: general laboratory skills, scientific method knowledge, literature review skills, data management skills,

communication skills, and scientific identity. The different validity evidence showed the highest reliability coefficients and acceptable parameter adjustment values compared with the literature. As a result of the inferential analysis, we concluded that graduate students, who identified as women, had the highest and significant gains in their literature review skills, communication skills, and scientific identity. Also, we concluded that, as the time working in a research laboratory increases, students have a higher academic and professional interest in STEM careers. Therefore, the latest could be interpreted as improving students' persistence and retention in STEM fields.

INTRODUCCIÓN

El desarrollo de esta tesis doctoral y su particular tema de investigación tiene su origen, entre otros aspectos, en mi formación académica en Biología y, posteriormente, mi especialidad en Metodología de la Investigación en Ciencias Sociales. Ambas, me han ayudado a ir consolidando mi aprendizaje en el campo de la evaluación y la investigación, más concretamente en el ámbito de la evaluación de programas y proyectos. Como estudiante doctoral de Puerto Rico, que vive y ejerce profesionalmente en este país, he vivido en primera persona los efectos de un colonialismo estadounidense que ha promovido medidas de austeridad mediante el llamado Plan de Ajuste de la Deuda, liderado por la Junta de Supervisión Fiscal, organismo impuesto por el gobierno de los EE. UU. En el caso de la educación superior, Puerto Rico atraviesa uno de los “saqueos” más grandes jamás vividos en la historia del país, con un recorte presupuestario a la Universidad del Estado de más de 94 millones de dólares.

Antes de comenzar con esta tesis doctoral, quisiera hacer saber a los miembros de tribunal y lectores de esta investigación, que algunas expresiones, conceptos o palabras que he utilizado en este estudio son de origen anglosajón y empleadas en muchas ocasiones casi exclusivamente en Puerto Rico. Y aunque he tratado de emplear y explicar esas palabras para que se entiendan de la mejor manera posible en castellano, posiblemente encuentren algunas que quizás dificulten la lectura del texto o puedan parecer extrañas al lector.

Frente a ese contexto social y político expuesto al principio, creo que, como país, en Puerto Rico se hace necesario el desarrollo de investigaciones que sustenten la importancia de programas subvencionados con fondos federales del gobierno de EE. UU., ya que gran parte del crecimiento y el desarrollo de una nación se fundamenta en la educación de sus ciudadanos. Para potenciar la

cultura, la identidad y la productividad de un país es necesario invertir en educación y en la formación de sus ciudadanos, con el propósito de desarrollar conocimientos y aptitudes que impulsen la competitividad y el avance. En la actualidad, estamos experimentando grandes cambios económicos y sociales, abruptos y constantes, por lo que cada vez más se demandan ciudadanos activos que se apropien de su desarrollo personal y comunitario con propuestas innovadoras que promuevan la adaptación y resiliencia ante la inestabilidad de los sistemas económicos, sociales y políticos sobre los que nos sustentamos.

Para lograr cumplir con importantes objetivos sociales, económicos y laborales es necesario que los sistemas educativos pongan en valor sus prácticas y reconozcan la importancia de aprehender no solo conocimiento, sino de centrar esfuerzos para el desarrollo de aptitudes transversales (The Council of The European Union, 2018). En esta dirección, desarrollar ciudadanos con competencias claves que fomenten un aprendizaje permanente no puede lograrse si la educación se centra en la memorización de información y conceptos, por lo que es importante que en los centros educativos los jóvenes estudiantes desarrollen aquellas destrezas tan básicas y relevantes como la solución de problemas, el pensamiento crítico, el trabajo en equipo, la creatividad y las habilidades relacionadas con la digitalización.

Las nuevas realidades sociales y su importancia para la productividad de las naciones muestran un denominador común en sus planes estratégicos, configurados por comités de expertos, para lograr un adecuado desarrollo económico y social, tal y como sucede en la Unión Europea o EE.UU., los cuales integran el concepto de “competencias” como base fundamental para el siglo XXI y la educación en STEM (European Union, 2020; The Council of the European Union, 2018; Comisión europea, 2016). Desde ambos organismos, se pone en valor la necesidad de fomentar la alfabetización en STEM y lograr así la inclusión social y la empleabilidad de sus ciudadanos.

Si bien es cierto que los comités citados reconocen la relevancia de la educación en STEM para el crecimiento y el desarrollo de sus países, es importante destacar aquellas barreras sociales que limitan el acceso a esta educación a muchos ciudadanos por su raza, etnia, género o situación social o económica. Vivimos en un mundo hiperconectado donde la movilidad social facilita el intercambio de capital humano a nivel internacional y, consecuentemente, los escenarios laborales y educativos son un reflejo de esta diversidad social que existe en la actualidad. Pero es el ámbito demográfico el que está provocando importantes cambios y modificaciones sociales y económicas en el futuro de muchos países a medio y largo plazo. Concretamente en EE.UU., se está produciendo un incremento significativo de la población que no se considera de raza blanca (United State Census Bureau, 2021). En el contexto de STEM, cuanto más se asciende académicamente mayor es la brecha entre los estudiantes de raza blanca frente a aquellos otros que se caracterizan por ser mujeres o bien pertenecen a grupos étnicos diferentes de la raza blanca (National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine, 2019). A fin de minimizar esta injusta disparidad en cuanto a la formación de los jóvenes ciudadanos que existe en la fuerza laboral en STEM, el gobierno de los EE. UU. ha desarrollado diversas iniciativas para fomentar la retención de estos grupos, siendo una de ellas el programa de entrenamiento en investigación. El fundamento filosófico o el objetivo de este tipo de programas es lograr que los estudiantes participen en investigaciones de vanguardia con el apoyo de un mentor, estimulando así su interés por continuar en carreras en STEM (National Insitute of Health, 2007).

La literatura que abarca esta temática destaca la importancia de investigar aquellos factores que promueven el éxito académico y la retención de estudiantes en STEM. En esta dirección, diversos estudios enfatizan una serie de beneficios que adquieren los estudiantes a nivel de conocimientos y de destrezas básicas, como son la investigación científica, la recopilación de

datos, el desarrollo de destrezas comunicativas, el pensamiento crítico, y la planificación de un futuro académico y profesional al que aspirar para continuar estudios graduados o carreras de disciplinas en STEM (Kardash, 2000; Lopatto 2004, 2007; Seymour, Hunter, Laursen & De Antoni, 2004). En cuanto a las destrezas y habilidades específicas para realizar procesos de investigación, la literatura muestra una serie de beneficios que pueden ser adquiridos por el alumnado, concretamente aquellas destrezas relacionadas con las técnicas de laboratorio, así como la entrada, el análisis y la interpretación de datos (The National Academies Press, 2017).

Sin embargo, el análisis de la literatura que hace referencia a estudios empíricos sobre los beneficios de los estudiantes que participan en programas de investigación, se observa que el porcentaje de estudiantes identificados como hispanos no excede nunca del 40% (Brenner, Serpe, & Stryker, 2018; Estrada et al., 2011). Probablemente este dato esté relacionado con las escasas investigaciones existentes que analizan el tema en cuestión en aquellas poblaciones que proceden de grupos pocos representados, concretamente hispanos. Desde este planteamiento, surge la necesidad y la motivación de la autora de esta tesis doctoral de desarrollar el presente tema de investigación. La falta de investigaciones relevantes con muestras de participantes que no sean blancos justifica lo apremiante de atender esta temática, y de conocer qué factores promueven el éxito de estudiantes hispanos que participan en programas de investigación en STEM.

Con esta investigación se pretende estudiar si los aspectos y beneficios que muestran algunos estudios empíricos con estudiantes de STEM en instituciones de educación superior en los EE. UU. son similares y congruentes en el contexto de Puerto Rico. Para ello, es relevante contar con un instrumento de investigación, adaptado al contexto, que permita evaluar los beneficios adquiridos por los estudiantes puertorriqueños, y el diseño, creación y validación de este nuevo instrumento ha sido otro de los objetivos que se ha pretendido lograr en esta investigación. Por

todo lo expuesto, este estudio espera contribuir a subsanar la escasez de investigaciones con una población que no es blanca, empleando instrumentos adecuados que recojan datos e información relevante e íntimamente relacionada con la realidad contextual asociada a un grupo étnico y racial poco representado en STEM. Esta investigación sería una de las pocas que ofrecería resultados concretos sobre los beneficios que obtienen los estudiantes hispanos (concretamente de Puerto Rico) tras participar en programas de investigación, haciendo uso de un instrumento creado y validado gracias al juicio de expertos que son directores de programas e investigadores hispanos.

Como objetivo general, esta tesis doctoral pretende profundizar en la identificación de aquellos factores que facilitan que estudiantes hispanos continúen sus estudios y tengan éxito en carreras en STEM. De este objetivo emergen otros objetivos específicos que han guiado esta investigación, y son:

- Conocer, desde la visión del docente, los factores que facilitan el éxito de los estudiantes que participan de un programa de entrenamiento en investigación.
- Comparar la información provista por los docentes con lo que se establece en la literatura, a fin de desarrollar un instrumento que permita medir los factores que facilitan que estudiantes que participan en un programa de entrenamiento en investigación continúen estudios o carreras en áreas de STEM.
- Aportar evidencias que apoyen la teoría que se desarrolló durante la fase cualitativa y cuantitativa, y conocer si sustentan la interpretación de los factores que facilitan el éxito en estudiantes que participan de programas de entrenamiento en investigación.

Para indagar en este fenómeno de interés, se planteó un estudio con metodología mixta, guiado por un diseño de tipo exploratorio secuencial (Creswell & Plano Clark, 2018), que se desarrolló en dos fases. La primera de este diseño permitió recabar y analizar información

cualitativa que proporcionó un grupo de docentes que dirigen programas de entrenamiento en investigación. Del análisis de esta información surgieron temáticas que, posteriormente, guiaron la creación del instrumento y la evaluación de sus propiedades psicométricas. En una segunda fase de carácter cuantitativa, se pasó el instrumento y se analizaron los beneficios que obtuvo un grupo de estudiantes que había estado participando en experiencias de investigación.

Dada la naturaleza mixta de esta investigación, se incorporaron diversas técnicas para la recopilación y análisis de la información. Durante la fase cualitativa se utilizó la entrevista semiestructurada como técnica para la recopilación de información, y su análisis se realizó a partir de las tres estrategias propuestas por Wolcott (1994): descripción, análisis e interpretación. Como producto de esta fase cualitativa y de la revisión de la literatura, se generó un instrumento que se incorporó como técnica para recopilar datos durante la segunda etapa de esta investigación. Para recabar evidencias sobre la validez del contenido, el instrumento fue evaluado por un panel de expertos. De igual forma, se analizó la estructura de dicho instrumento incorporando la técnica del análisis factorial exploratorio y el análisis factorial confirmatorio.

Para los análisis estadísticos de los datos cuantitativos, obtenidos a partir del instrumento, se realizaron análisis descriptivos e inferenciales. Entre los análisis estadísticos inferenciales se incorporaron técnicas para el análisis de la varianza de los datos, así como correlaciones que midieran el grado de asociación entre las variables, para de esta manera determinar las tendencias y patrones entre pares de variables que conforman los factores que son determinantes para el éxito de aquellos estudiantes que participan de experiencias de investigación.

Este trabajo de investigación doctoral está estructurado en dos partes, una primera de índole teórica, y la segunda de carácter empírico. A lo largo de la primera parte teórica se exponen diferentes temáticas que son los pilares de esta investigación, y que parten de un estudio

pormenorizado de la literatura sobre este tema, que facilita la exposición del estado de la cuestión de la educación en STEM. La parte que abarca el estudio empírico de esta investigación especifica y define la metodología utilizada para profundizar en aquellos factores que promueven el éxito en estudiantes que participan de experiencias de investigación desde la visión de profesores, investigadores y directores de programas, así como desde la perspectiva estudiantil. A fin de poner en contexto los resultados de este estudio, se utilizó información empírica que permitió la discusión de los hallazgos y la argumentación de las conclusiones.

Con el propósito de contextualizar al lector en el contenido de esta investigación, a continuación se expondrá de forma resumida una descripción de cada uno de los capítulos que abarcan tanto la parte teórica como empírica de esta tesis doctoral. El capítulo uno aborda asuntos generales acerca de la educación en STEM, así como la relevancia de las ciencias y tecnologías en la sociedad actual. Para ello, se analizaron y explicaron acontecimientos que sustentan la importancia y la actualidad del tema, así como su relevancia para el desarrollo socioeconómico de los países. También se presentan y exponen las competencias que se espera que desarrollen los ciudadanos y estudiantes para lograr de forma efectiva su inclusión y adaptación en el contexto del actual siglo XXI. Paralelamente, se presentará una radiografía de la educación en STEM en los EE. UU., a fin de fundamentar las brechas existentes en el ámbito educativo, prestando particular atención a la educación superior y sus disparidades por nivel académico, sexo y raza de los estudiantes.

El contenido del capítulo dos se centró en la presentación de diversas iniciativas adoptadas por el gobierno de los EE. UU. para promover la retención de estudiantes en STEM. Para ello, se presenta y explica lo que es una experiencia auténtica en STEM y el modelo de aprendiz que debe predominar para proveer a los estudiantes de experiencias de investigación. Se describirán los

modelos de integración de experiencias de investigación en la educación en STEM, y se discutirán los objetivos generales y los beneficios de programas que ofrecen experiencias de investigación a estudiantes en el contexto de la educación superior.

En el capítulo tres se argumenta el estado de la cuestión de las experiencias de investigación en STEM como parte final y teórica de esta tesis doctoral. El contenido que se presenta permitió, mediante una revisión bibliográfica, mostrar evidencias relacionadas con la participación de los estudiantes universitarios en experiencias de investigación en laboratorios, así como aquellos beneficios adquiridos en cuanto a la retención de los estudiantes y el desarrollo de prácticas y saberes en STEM.

El capítulo cuarto es introductorio de la parte empírica de esta investigación, y pretende presentar, argumentar y contextualizar el problema bajo estudio. Para ello se detalla la relevancia del tema de investigación y su importancia para la educación de hispanos en STEM. Se aborda el procedimiento que condujo esta investigación a través de las preguntas de investigación y los objetivos. También se presenta la metodología de investigación, prestando especial atención al tipo y enfoque del estudio, el diseño, así como la población y muestra. Se exponen las fases de la investigación y cómo se integraron las diversas técnicas e instrumentos para la recopilación de la información. En su parte final, el capítulo aborda los aspectos éticos que se tomaron en cuenta durante el estudio.

A lo largo del último y quinto capítulo se exponen los pasos seguidos en el análisis de la información que se había obtenido en cada fase de la investigación, así como sus respectivos resultados. El análisis de la fase cualitativa muestra el proceso de dicho análisis, las características de la muestra y una descripción de los programas de entrenamiento en investigación en los que trabajan los profesores participantes. Se presentan las dimensiones y categorías de análisis

avaladas por las narrativas de los participantes, así como los pasos para el desarrollo del instrumento que se incorpora en la fase cuantitativa para recopilar datos. Respecto al desarrollo del instrumento, se muestran los lineamientos teóricos avalados por una revisión de literatura y su correspondencia con los resultados cualitativos, y se exponen evidencias asociadas al contenido del instrumento mediante el juicio de expertos. Como fruto de los análisis y resultados de la fase cualitativa, se presenta el instrumento que permitió recopilar los datos cuantitativos sobre los beneficios que los estudiantes obtienen tras participar en un programa de entrenamiento en investigación.

En la fase cuantitativa de este capítulo cinco se incluyen los análisis estadísticos y sus respectivos resultados con datos de naturaleza cuantitativa. Comienza con una descripción de la muestra, y seguidamente se abordan los análisis psicométricos que se realizaron para analizar las propiedades del instrumento y el producto de la fase cualitativa. Para finalizar, se discuten los análisis estadísticos, tanto descriptivos como inferenciales, que se utilizaron para responder a las preguntas de investigación propuestas para esta fase del estudio.

En las conclusiones se relacionan los objetivos y preguntas planteadas en el capítulo cuatro con los resultados presentados en el capítulo cinco, así como con los planteamientos teóricos que se integraron en los primeros capítulos de esta investigación. Estas conclusiones permitirán argumentar y exponer aquellas ideas y propuestas avaladas con literatura relevante, a fin de contextualizar los resultados y dar coherencia y significación a los hallazgos, así como resaltar equivalencias y discrepancias con estudios previos.

Con la información que se presenta en cada capítulo, se espera que la presente investigación aporte información relevante y específica acerca de los factores que se deben considerar al estudiar los beneficios que obtienen los estudiantes universitarios que participan de experiencias de

investigación y permiten su retención en STEM en el contexto de Puerto Rico. Destaca para ello la contribución científica que se hace mediante la creación de un instrumento con propiedades psicométricas aceptables que permitirá evaluar los beneficios que podrían obtener los estudiantes de STEM. Para ello, se establecen los primeros pasos que podrían ser de utilidad para unificar la manera en la que los programas comparten sus resultados y que puedan mostrar sus logros a nivel nacional.

PRIMERA PARTE: MARCO TEÓRICO

Capítulo I. La educación en STEM. Características y competencias

1.1. La relevancia de la ciencia y tecnología en las últimas décadas

Históricamente la ciencia y la tecnología han brindado a las naciones prosperidad y conocimientos que las han hecho competentes, resilientes y flexibles para atender eventos inesperados y crisis económicas, ambientales y políticas. Varios estudios evidencian la contribución que han tenido las innovaciones en ciencia y tecnología para incrementar la calidad de vida de los pueblos, destacando el aumento de la expectativa de vida, la fácil comunicación global mediante la conectividad y acceso a la información, así como el incremento en el intercambio de bienes de consumo (Baumol, 1989; Cutler & McClellan, 2001; Gordon, 2012; Alston, Beddow & Pardey 2009).

El registro histórico sobre el desarrollo de las ciencias y tecnología dentro del contexto de los Estados Unidos de América (EE. UU.), nos lleva al Primer Discurso del Estado de la Unión que ofreció el presidente George Washington el 8 de enero de 1790. En dicho discurso, fundamentado en la búsqueda del bien de la nación, el Primer Presidente hizo un llamamiento al Congreso a promover la educación en ciencia y tecnología. De igual forma, resalta la importancia de la agricultura, el comercio y la industria para promover la innovación y el progreso de la nación.

Uniformity in the Currency, Weights and Measures of the United States is an object of great importance, and will I be persuaded be duly attended to. The advancement of Agriculture, Commerce and Manufactures by all proper means, will not I trust need recommendation. But I cannot forbear intimating to you the expediency of giving effectual

encouragement as well to the introduction of new and useful inventions from abroad, as to the exertions of skill and genius in producing them at home; and of facilitating the intercourse between the distant parts of our Country by a due attention to the Post-Office and Post-Roads.

Nor am I less persuaded, that you will agree with me in opinion, that there is nothing which can better deserve your patronage than the promotion of Science and Literature. Knowledge is in every country the surest basis of public happiness. In one in which the measures of Government receive their impression so immediately from the sense of the Community as in ours it is proportionably essential (Washington, 1790).

Pese a que los registros indican que el desarrollo de la ciencia y tecnología en EE. UU. está presente en la política pública desde el establecimiento de la nación, no es hasta el año 1950 cuando se observa un giro importante en la promoción de la educación en estas áreas. Acontecimientos históricos como la Segunda Guerra Mundial y el lanzamiento del primer satélite de la historia (Sputnik I) por la Unión Soviética, marcaron la década de los 50, en la que se produjeron grandes cambios a diferencia de otras décadas anteriores, destacando de manera sobresaliente el fomento de una educación en el ámbito de las ciencias para fomentar el desarrollo a medio y largo plazo en el plano social, económico y de salud de los ciudadanos (Granovski, 2018; The National Academies Press, 2017).

Actualmente, hemos podido evidenciar la importancia que tiene la innovación en ciencia y tecnología para afrontar necesidades sociales relacionadas con la salud y el medio ambiente. Un claro ejemplo de ello ha sido la reciente crisis mundial como consecuencia de la pandemia por el COVID-19, que ha amenazado la salud pública y la estabilidad económica global. La OECD

(2021) estima que este momento histórico ha desatado la mayor crisis económica vivida, después de la Segunda Guerra Mundial. La incertidumbre respecto al alcance y evolución del virus, sumado a restricciones masivas impuestas por los gobiernos, como la incorporación de toques de queda y medidas de distanciamiento social para salvaguardar la salud pública de los habitantes de nuestro planeta, han tenido un impacto socioeconómico muy alto que aún es difícil de contabilizar. Por ello, el mundo se ha centrado en la innovación en ciencia y tecnología para proveer soluciones rápidas a problemas actuales. Por ejemplo, billones de dólares se han destinado a inversiones en investigación relacionadas con el desarrollo de vacunas y tratamientos contra los efectos del COVID-19, así como para el desarrollo de nuevas estrategias que puedan paliar el impacto que el distanciamiento social ha dejado marcada en las sociedades (OECD, 2021). Además de este caso, la ciencia y la tecnología ya se había hecho presente en gran parte de las áreas de nuestro diario vivir.

La tecnología de la información y la comunicación (TIC) también han cambiado la forma en la que las personas se comunican e interactúan con su entorno, generando negocios electrónicos (*eBusiness*, por sus siglas en inglés) con el que mejorar las ventas de muchas empresas. Durante esta pandemia, con un cierre de gran parte de la actividad económica de los países, el comercio electrónico ha sido de vital importancia para la adquisición de bienes (OECD, 2021). De igual forma, la forzada transición de gran parte de la actividad laboral y académica presencial a una completamente digital ha necesitado de la integración de plataformas de reuniones virtuales, nubes, ordenadores, webs de acceso abierto a artículos, datos y publicaciones, entre otros tantos dispositivos electrónicos, a fin de poder continuar operaciones de tipo económico, educativo y comercial. Negocios y sectores que ofrecen productos y servicios han tenido que integrar la informática y la tecnología en sus procesos de operaciones. Por todo ello, las ciencias y la

innovación han sido los motores que propician el desarrollo sostenible y sustentable de sociedades de forma equitativa y resiliente, algo que se hace cada vez más necesario (Unesco, 2015). Con la esperanza de que los gobiernos hayan comprendido la importancia de invertir y apoyar la investigación y la innovación, Alicia Bárcena, Secretaria Ejecutiva de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL, 2020), afirma:

La pandemia ha puesto en evidencia la necesidad de un enfoque que trascienda lo nacional, y fortalezca la integración regional a partir de sistemas de Ciencia y Tecnología vinculados entre los países y sus sistemas productivos. Sabemos que la contribución de la ciencia, la tecnología y la innovación en esta crisis es inmediata. (...) Sobre todo, porque va a haber cambios muy significativos en el comercio internacional y las cadenas de suministros en sectores claves se verán cortadas o debilitadas y, por lo tanto, será necesario desarrollar a nivel local y regional una nueva forma de producir bienes y servicios localmente. Para incidir en la nueva economía mundial, la región debe avanzar hacia una mayor innovación, integración productiva, comercial y tecnológica.

Paralelamente, el COVID-19 hizo visible las brechas de acceso a las TIC en diferentes países, lo que planteó problemas importantes relacionados con rezagos en la infraestructura digital por falta de acceso a equipos y conectividad. También, dificultó la educación y el trabajo a distancia, la cadena de suministros, así como el acceso a pruebas y vacunas, entre otras tantas cosas. Sin duda alguna, el cierre abrupto de muchos países afectó a ámbitos de nuestra sociedad, con un impacto directo sobre el núcleo familiar y, consecuentemente, al resto de la comunidad.

Como podemos observar, la posición de privilegio y liderazgo en el ámbito de la innovación en ciencias, tecnología, ingeniería y matemáticas, que en su momento ostentó EE.UU.

no ha sido suficiente para una rápida adaptación a los cambios y retos que se han producido en una economía global tan compleja y competitiva como la nuestra. Uno de los indicadores que permite medir la productividad de una nación es la cantidad de patentes y marcas comerciales registradas. Según los datos de la oficina de patentes y marcas, conocida por su nombre en inglés como United States Patent and Trademark Office (USPTO), muestran una reducción en la cantidad de financiación que se otorga a nivel nacional para el desarrollo de nueva tecnología, si se compara con las patentes internacionales (USPTO, 2018). Desde principios del año 2000, se observa el despunte de China como líder en exportación de alta tecnología, desplazando a EE. UU. de su posición de potencia mundial en este ámbito. Igualmente, países como Alemania, Singapur y Corea del Sur, también se encuentran en posiciones de liderato a nivel global en este ámbito (World Bank 2018). El COVID-19 ha marcado un hito en la historia de las ciencias y la investigación, con datos que muestran que, durante el mes de abril de 2020, el Instituto Nacional para la Salud destinó 1.8 billones de dólares para investigar el COVID-19 (Lauer, 2020). De igual forma, la Comisión Europea, mediante el Programa Horizonte 2020, movilizó 1 billón de euros en su partida de investigación e innovación destinados al Coronavirus (European Union, 2020). Estos datos avalan el rol estratégico y fundamental que tienen la ciencia, la tecnología y la innovación para atender crisis globales, y muestran la importancia de estar a la vanguardia para poder afrontar y, más aún, prevenir futuras situaciones similares. Simultáneamente, esta crisis ha servido para llamar la atención sobre las políticas públicas de todos los gobiernos, así como de las políticas de inversión en sistemas e instrumentación para promover esfuerzos de innovación, con el fin de promover la sustentabilidad, la inclusión y la resiliencia de las naciones (OECD, 2021).

Los efectos de la pandemia del COVID-19 son incontables, tal y como hemos citado anteriormente. En el ámbito académico, el cese de muchas investigaciones tuvo un efecto

devastador en un gran número de experimentos, propiciados por la restricción de movilidad científica entre países. También, el cierre de las instituciones académicas supuso un cambio en las formas de trabajar de los investigadores. Por ello, las herramientas digitales y de información se han convertido en pieza clave para divulgar el conocimiento mediante el análisis de datos. Esto supuso una transición acelerada para digitalizar procesos de investigación con el propósito de evolucionar desde un trabajo enfocado en la instrumentación y las mesas de laboratorio, a otro apoyado en investigación intensiva enfocada en datos y la sistematización que apoya el acceso abierto a la ciencia (Dai, Shin and Smith, 2018; OECD, 2021). Así pues, la digitalización ha impulsado profesiones emergentes como la de analistas y administradores de datos, investigadores en ingeniería de sistemas, ingeniería biológica, y ciencias de grandes datos, entre otras tantas (OECD, 2021). Teniendo en cuenta la amplitud del ecosistema en el que se desarrolla la investigación a nivel mundial, existentes brechas en el acceso a infraestructuras y tecnología digital entre países, instituciones y disciplinas, por lo que es vital fomentar la colaboración entre científicos a fin de fortalecer la capacidad de los recursos humanos en estas áreas, y facilitar la innovación para afrontar y resolver problemas de salud, sociales o económicos. Hasta ahora hemos presenciado cómo una crisis de salud mundial ha hecho visible la posición y la verdadera condición de científicos, asesores y consejeros de los diferentes gobiernos, donde la ciencia han jugado un rol importante para proveer soluciones a problemas complejos como el desarrollo sostenible en múltiples aspectos (OECD, 2021).

1.2. La importancia de STEM en el desarrollo de las sociedades

El término STEM es un acrónimo de las siglas en inglés de Science (Ciencias), Technology (Tecnología), Engineering (Ingeniería) y Mathematic (Matemáticas). El origen exacto de la

palabra STEM es desconocido, aunque según Sanders (2009) la acuñó por primera vez la National Science Foundation (NSF) de EE. UU. en la década de los 90. Como dato interesante, Sanders resalta que inicialmente la NSF utilizaba el acrónimo SMET para referirse a la actual STEM, pero como su pronunciación en inglés suena similar a la palabra *smut* (que significa obscenidad o grosería), se intercambiaron algunas letras para crear STEM; palabra con mejor estilismo lingüístico.

Durante los últimos años, el término STEM ha ido en auge en la literatura educativa, económica, social, así como en la política pública de muchos países. Pero su definición conceptual y operacional ha sido objeto de cierta ambigüedad (Domènech-Casal, Lope, & Mora, 2019; Sanders, 2009). En el análisis de Bogdan Toma y García-Carmona (2021), destacan tres principales líneas que responden al concepto STEM, que son: los intereses políticos, el colectivo disciplinario y el movimiento pedagógico. El desconcierto sobre cómo aplicar el término STEM en el ámbito educativo puede deberse a la ausencia de una metodología pues, en sí mismo, STEM responde en principio a necesidades políticas y económicas. Sin embargo, en la práctica, acoge una gran variedad de herramientas tecnológicas, perspectivas educativas y enfoques metodológicos (Domènech-Casal et al., 2019). Más allá de los cuestionamientos políticos y económicos a los que puede responder la educación en STEM, la implantación de esta en el ámbito educativo ha visibilizado la importancia de su formación, no solo para conocer la materia, sino para aspirar a que los estudiantes puedan resolver problemas en contextos o escenarios de la vida real, lo que requiere el desarrollo del pensamiento científico y matemático, entre otros.

En esta dirección, podemos decir que el término STEM no se limita a servir como referente de las disciplinas, carreras y profesiones científico-tecnológicas a las que responden sus siglas, sino que engloba un conjunto de conocimientos, competencias y prácticas que se relacionan

directamente con estos campos profesionales y que todo ciudadano debería desarrollar para tener un rol más activo en la sociedad (López Simó, Couso Lagarón, & Simarro Rodríguez, 2020). Sin embargo, reducir el desarrollo social y económico de un país a las cuatro disciplinas que abarca STEM (ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas) sería menospreciar el valor de las ciencias sociales y las humanidades en el desarrollo integral de los ciudadanos. Por ello, no hay que reducir la educación a un movimiento enfocado en cumplir objetivos basados en la producción de capital humano que sustente la economía actual. Sin embargo, la educación científico-tecnológica que promueve STEM se puede integrar para relacionar contenidos y procedimientos, de manera que destaque la utilidad y relevancia de estas destrezas para la solución de problemas de la vida diaria (Domènech-Casal et al., 2019).

Según las estadísticas del Departamento de Comercio de los EE. UU. ha habido un incremento de un 24,4% en la empleabilidad de trabajadores con carreras relacionadas con STEM, frente a aquellas que no lo están (4.0%). Al final de la década entre 2014 y 2024, se espera un crecimiento de un 8.9% en aquellos trabajos relacionados con STEM, a diferencia de aquellos empleos no vinculados con la ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas, que a día de hoy está siendo de un 6.4% (Noonan, 2017). Cabe destacar que, según el censo de los Estados Unidos, la población hispana representa el 17 % de la población total y, solamente, el 6 % de ellos conforman la fuerza laboral en STEM, convirtiéndolos en el grupo minoritario más grande del país. Estos datos no solo evidencian la escasez de hispanos en el área de STEM, sino que pone de manifiesto un crecimiento dispar y distante respecto al contexto del país.

STEM, que tiene como objetivo lograr de forma interdisciplinar resolver problemas de la vida real, permite además crear puentes y conexiones entre diferentes disciplinas (Mobley, 2015), destacando por ello su interdependencia sobre aquellos otros conocimientos básicos adquiridos en

las carreras de STEM. Por ello cobra tanta relevancia para el desarrollo económico de las naciones, puesto que es el pilar de la investigación y el desarrollo, gracias al cual se fomentan habilidades, el pensamiento crítico, la creatividad, la innovación y el diseño (Hernández et al., 2014). Por ello, se espera que los programas de educación en STEM desarrollen en sus estudiantes el inquirir científico al generar preguntas de investigación y fomentar el razonamiento lógico y el trabajo colaborativo. Estas son competencias necesarias para que los estudiantes se inserten en la fuerza laboral en este siglo XXI y sean capaces de aportar soluciones a problemas complejos que nos afectan de manera global a fin de mejorar nuestras vidas (Sen, Ceylan; Sonay Ay, Zeynep; Ahmet Kiray, 2018). Por ello, las destrezas y conocimientos en STEM están presentes en los principales sectores económicos de nuestra sociedad, entre los que destacan: salud, educación, agricultura, transportes, manufactura y electricidad, entre otros.

Los avances tecnológicos están en constante renovación, al convertirse en obsoletos en pocos años o, incluso, meses. Un claro ejemplo de ello son los teléfonos móviles y ordenadores, por ello, la transformación digital es un fenómeno multifacético relacionado con todos los sectores de la economía (Nicholson Jessica R, 2020; United Nations, 2019). En este sentido, la era de la digitalización también está produciendo cambios importantes en el mercado laboral, generando la pérdida de empleos por la automatización de estos, y creando espacios para nuevos trabajos y profesiones emergentes. Por ello, se observa una alta demanda por integrar la innovación y nuevas tecnologías, en especial las relacionadas con la información y la comunicación, en el ámbito laboral (Granovski, 2018; United Nations, 2019; Zilberman & Ice, 2021). Estos cambios implican que, en empleos de sectores donde la transformación digital es mayor, el futuro trabajador debe contar con mejores destrezas cognitivas y sociales para potenciar su rendimiento laboral (Ananiadou & Claro, 2009; Zilberman & Ice, 2021).

La investigación y el desarrollo (I+D) son elementos esenciales de los indicadores de ejecución socioeconómica a nivel mundial, y uno de los principales países en I+D es EE. UU., ya que forma parte de su producto interior bruto (OECD, 2021). Por ello, cobran especial relevancia que las subvenciones en investigación atiendan a los desafíos que actualmente afrontamos como sociedad, como son el cambio climático, alimentar a una población en crecimiento, mantener las condiciones de salud óptimas y la democracia (OECD, 2021). Los gobiernos juegan un rol importante al permitir destinar partidas presupuestarias que apoyen el desarrollo de capital humano con el que incrementar su fuerza laboral y productiva en I+D. Dicha inversión es clave para la innovación y el desarrollo de la tecnología a largo plazo. Se estima que, en promedio, durante la pasada década el incremento en la inversión en educación terciaria o postsecundaria fue de un 9% y, como media, tres cuartas partes de la actividad en investigación básica es producto de las instituciones de educación superior y de organizaciones gubernamentales (OECD, 2017).

Como sustentan los datos, la educación terciaria (ciclos formativos de educación superior en España) se expande a nivel mundial con el objetivo de apoyar la demanda de personal altamente capacitado para la investigación. Se trata de una política pública que pretende el desarrollo de una fuerza laboral basada en STEM para lograr un mayor número de científicos, ingenieros y expertos en tecnología (OECD, 2021; Zilberman & Ice, 2021).

Vivimos en una época donde la transformación digital requiere de empleados con destrezas que faciliten su adaptabilidad a contextos cambiantes, tales como el desarrollo de destrezas cognitivas, habilidades para solución de conflictos y competencias como aprender a aprender y aprender a hacer, así como a ser creativos, requisitos todos ellos indispensables para mejorar el rendimiento laboral (Finley, 2020). Según la OCDE, los trabajadores con formación en TIC suelen tener unos ingresos de hasta un 10% más por hora si se comparan con los salarios de empleados

de otros puestos laborales que requieren destrezas menos tecnológicas (OECD, 2017). Por el contrario, desarrollar únicamente destrezas en tecnología de la información y comunicación no es suficiente para el éxito laboral, ya que muchos empresarios demandan empleados con destrezas también en administración y comunicación (Finley, 2020; OECD, 2017).

Si bien el plan estratégico del gobierno de los EE. UU. consiste en dotar de importancia a la educación en STEM, considera igual de importante el fomento de la alfabetización en STEM, a fin de fomentar y desarrollar ciudadanos capaces de adaptarse con éxito a las demandas sociales y económicas de este siglo. Propiciar personas que actúen como ciudadanos críticos, capaces de integrar evidencias para tomar decisiones, ser consumidores informados, y poseer destrezas en digitalización, son algunas de las metas que EE.UU. tiene a nivel nacional (National Science & Technology Council, 2018). No obstante, alcanzarlas requiere fomentar destrezas en STEM a todos los niveles (Unesco, 2015).

El concepto de educación en STEM ha evolucionado con el tiempo. Inicialmente sus disciplinas se veían parceladas, pero en la actualidad, hay un acercamiento interdisciplinario donde se espera que el estudiante aprenda conceptos y destrezas relacionadas con problemas reales, en entornos de educación formal e informal, y hasta en su comunidad. Para ser un participante activo en el mundo se requieren destrezas de pensamiento crítico, habilidades para la solución de problemas, así como destrezas blandas como la adaptabilidad, persistencia, organización, responsabilidad y cooperación (National Science & Technology Council, 2018). Sin duda alguna, desarrollar la educación en STEM permite desarrollar ciudadanos competentes capaces de atender las demandas de nuestra sociedad. Sin embargo, la consecución de estas metas a nivel nacional requieren una transformación del ecosistema educativo creando alianzas colaborativas entre instituciones educativas, el sector empresarial y comunidades (Altman et al., 2019). Por ello, se

considera importante dotar a los actuales educadores, empresarios y comunidades del conocimiento necesario para desarrollar y fomentar una alfabetización en STEM, a fin de promover naciones que apunten el desarrollo y la innovación (National Science & Technology Council, 2018). Dicha alfabetización en STEM implica el desarrollo de destrezas que influyen transversalmente en el avance de otras carreras profesionales. Esas destrezas son el pensamiento computacional, la identificación y solución de problemas, así como la capacidad para la innovación, que también son destrezas necesarias para trabajar en otras esferas profesionales (Altman et al., 2019; National Science & Technology Council, 2018).

Según el Departamento de Comercio de EE.UU., en la última década los empleos con estudios relacionados con STEM muestran un crecimiento de un 24%, mientras que aquellas carreras no relacionadas con STEM presentan un crecimiento de solo un 4% (Noonan, 2017; Sen, Ceylan; Sonay Ay, Zeynep; Ahmet Kiray, 2018). Por su parte, la Oficina de Estadísticas Laborales del gobierno de los EE.UU., para la década de 2019-2029, proyecta un crecimiento dos veces mayor para las profesiones relacionadas con STEM, de manera que se espera que para el año 2029 haya un crecimiento de un 8% en las carreras STEM, en contraposición a un 3.7% del resto de otras profesiones (Zilberman & Ice, 2021). De igual forma, se estima que los salarios relacionados con las profesiones en STEM sean un 29% más altos que el resto de profesiones. Consecuentemente, quienes posean un título en STEM obtendrán mejores ingresos, aunque ocupen trabajos no relacionados con STEM (Noonan, 2017).

Tabla 1*Comparativa de salarios con y sin formación en STEM*

Formación	Salario por hora		Diferencia	
	STEM	No-STEM	Dólares	Por ciento
Diploma de escuela superior o menos	\$27.53	\$16.21	\$11.32	69.8%
Grado asociado o algo de estudios universitarios	\$30.79	\$19.09	\$11.70	61.3%
Bachillerato solamente	\$39.28	\$28.34	\$10.94	38.6%
Estudios graduados	\$45.37	\$35.16	\$10.21	29.0%

Nota. Extraído de Noonan (2017)

Según el último informe del Departamento de Comercio de los EE.UU., en 2015 existían 9 millones de trabajadores con formación en STEM ejerciendo profesionalmente sus carreras, lo que representaba el 6.1% de toda la fuerza laboral de la nación (Noonan, 2017). Aunque se estima un crecimiento puntual en todas las carreras relacionadas con STEM, el despunte acelerado de la economía digital hace que se proyecte para el 2029 una demanda aún mayor para aquellas ocupaciones de STEM relacionadas con trabajos con ordenadores (Zilberman & Ice, 2021). La Oficina de Análisis Económico de Estados Unidos, ha publicado que en 2018 la economía digital tenía un valor de 1.8 trillones de dólares, lo que representaba un 9% del PIB, y posiciona a la economía digital en el cuarto lugar de relevancia en comparación con las demás económicas del país, ya que esta genera 8.8 millones de empleos y aporta un 5.7% a la tasa de empleos a nivel nacional (Nicholson Jessica R, 2020).

El desarrollo de “Internet of Things” (IoT), que hace referencia a la red de objetos físicos que están conectados a internet mediante la integración de sensores, softwares y otras tecnologías con el propósito de conectar e intercambiar datos con otros dispositivos o sistemas (Zilberman &

Ice, 2021), está siendo actualmente el principal propulsor de esta demanda laboral. Ejemplos de objetos *IoT* son los relojes inteligentes, las pulseras de actividad, los aspiradores robóticos, las bombillas inteligentes, los sistemas de climatización o red de una empresa, el desarrollo de semáforos inteligentes, los sensores para identificar el ganado y robots para la digitalización de trabajos, son solo unas pocas de entre otras tantas tecnologías que se engloban bajo este concepto.

Una sociedad hiperconectada mediante sistemas digitales aumenta la demanda de profesionales especializados, por lo que se estima que las carreras profesionales relacionadas con ordenadores crezcan hasta tres veces más que otras durante la década de 2019-2029. Este crecimiento implicaría la creación de más de medio millón de empleos relacionados con ordenadores como, por ejemplo: los analistas de información de seguridad, desarrolladores de software y científicos e investigadores de la computación y la información (Zilberman & Ice, 2021).

La digitalización, las aplicaciones de *IoT* y el actual momento que estamos viviendo con el COVID-19, están provocando el despunte del desarrollo de profesionales con destrezas matemáticas que faciliten el manejo y el análisis de datos masivos. Sin embargo, en 2019, los profesionales en matemáticas, los analistas de datos y los estadísticos solo representaban el 2% de todas los empleos en STEM (Zilberman & Ice, 2021).

Tabla 2

Proyecciones en las ocupaciones en STEM para 2029

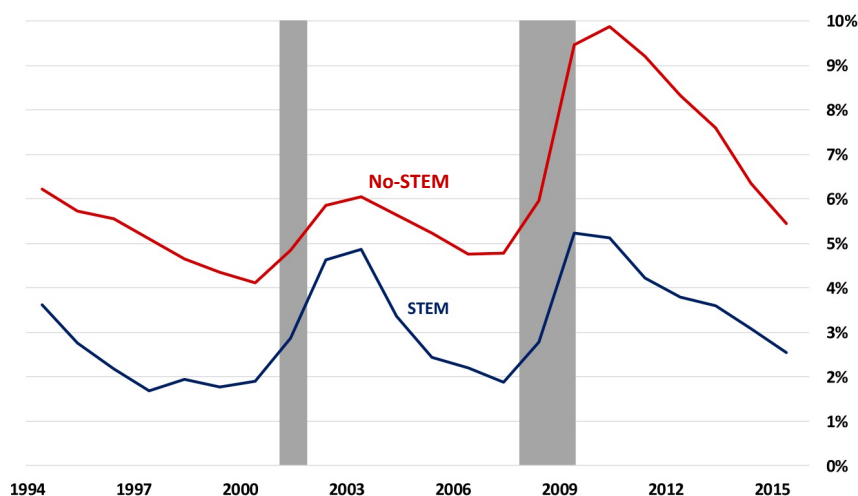
Ocupaciones en STEM	Empleos		Por ciento de cambio	Cambio en empleos
	2019	2029	2019-2029	2019-2029
Ocupaciones en computadoras	4,633.4	5,164.6	11.5	531.2
Ingenieros	1,810.1	1,879.1	3.8	69.0
Investigadores en biológicas	344.8	361.4	4.8	16.6
Profesores en STEM a nivel de educación secundaria	294.1	308.8	5.0	14.7
Investigadores en ciencias físicas	276.6	291.4	5.3	14.7
Ocupaciones en 211.7 matemáticas	211.7	267.8	26.5	56.1
Total de ocupaciones en STEM	9,955.1	10,752.9	8.0	797.8

Nota. Extraído de Zilberman & Ice (2021)

Otro aspecto interesante respecto a la empleabilidad de aquellos que poseen un título en STEM es que, además de ocupar trabajos con mejores salarios, estos profesionales muestran tasas de desempleo menor al compararse con carreras sin formación en STEM. Como se presenta en la figura 1, en 2015 la tasa de desempleo en profesionales de STEM fue del 2.5%, a diferencia de aquellos otros con otra formación académica, que fue de un 5.5% (Noonan, 2017).

Figura 1

Tasas de desempleo de personas con formación y si ella en STEM



Nota. Figura extraída de Noonan (2017)

La *IoT*, la robótica, la inteligencia artificial y la *machine learning*, entre otras tantas tecnologías que se basan en la programación y aplicaciones para ordenadores van a seguir y seguirán en continuo desarrollo durante los próximos años (Noonan, 2017). Como se mostró en el Foro de Economía Mundial, donde se anunció que para el año 2022 un 60% del producto interno bruto será digitalizado, durante la última década el 70% de la economía global ha tenido como base modelos de negocios dependientes de plataformas digitales (World Economic Forum, 2019). En la actualidad, siete de las ocho compañías que lideran la economía mundial utilizan modelos de negocios que integran plataformas digitales, como son Microsoft, Apple, Amazon, Google, Facebook, Tencent y Alibaba, las cuales representan dos tercios del valor total del mercado (United Nations, 2019). Mientras Google domina el 90% del mercado de los navegadores de búsqueda en Internet, Facebook capta dos tercios del mercado global de redes sociales y Alibaba absorbe cerca del 60% del comercio electrónico en China. Sin duda alguna, las plataformas digitales se han hecho un hueco importante en la economía mundial, con una estimación sobre el mercado mundial de 7 trillones de dólares (United Nations, 2019). Plataformas como Amazon, Alibaba, Facebook, eBay, Uber y Airbnb están sirviendo como modelo de negocio para realizar transacciones de bienes y servicios, pero sobre todo para generar el intercambio de información. En cuanto a países, son los Estados Unidos y China quienes lideran y comparten el 75% de las patentes relacionadas con las cadenas de bloques de información, un 50% del *IoT* global y más del 75% del mercado mundial en computación en nube. De igual forma, ambos países son dueños del 90% del valor comercial que tienen en el mercado las 70 plataformas digitales del mundo (United Nations, 2019).

Como se ha mencionado anteriormente, la digitalización centra su relevancia en la creación, captación y análisis de datos. Tanto es así que, hoy en día, los datos digitales se consideran un recurso económico y son estratégicamente relevantes si se transforman en inteligencia digital. En la cadena del valor virtual, la habilidad de recopilar, almacenar, analizar y transformar los datos es un valor añadido de poder y una ventaja competitiva (Noonan, 2017; United Nations, 2019; Zilberman & Ice, 2021). Estos adelantos tecnológicos crean oportunidades para la innovación e investigación y generan nuevos desafíos. Uno de los grandes retos al que nos enfrentamos en esta era digital es la seguridad en el uso de los datos y la información (Noonan, 2017). El manejo y la regulación de los datos digitales son un tema complejo, ya que abarca los derechos humanos, la industria, la economía y la seguridad nacional, entre otras. La evolución digital no se detendrá, por lo que es importante que se establezcan políticas públicas que contemplen las actuales tendencias para evitar que continúen las inequidades y desequilibrios de poder de las economías digitales (United Nations, 2019). Indiscutiblemente, la innovación y la investigación relacionada con STEM han transformado nuestra forma de relacionarnos a diario. Sin embargo, esta rápida transformación también representa un reto social, pues visibiliza brechas de accesibilidad y formación de los ciudadanos en el manejo de la tecnología. En esta dirección, además de la necesidad de atender las limitaciones que existen en infraestructura, es necesario cerrar la brecha digital desarrollando en los ciudadanos las competencias en informática e información, tanto en los nativos digitales como en los inmigrantes digitales (Unesco, 2015; Zilberman & Ice, 2021).

Pese a que los datos indican que los profesionales en STEM representan una mínima parte de la fuerza laboral del país, lo aquí expuesto resalta la importancia que tienen estas carreras para promover la innovación, competitividad, crecimiento económico y la calidad de vida de los

ciudadanos. De igual manera, destaca el nivel de especialización y la necesidad de desarrollar a un personal altamente capacitado, por lo que es necesario hacer saber a los gobiernos la necesidad de fomentar mediante la educación el desarrollo de conocimiento en emprendimiento y alfabetización en STEM, creando para ello programas de mentorías, entrenamiento vocacional y programas de pasantías e internados (United Nations, 2019).

1.3. Competencias que se adquieren con el aprendizaje en STEM

Sin duda alguna, las nuevas tecnologías han provocado un cambio significativo en el mercado laboral, forzando la desaparición de algunos trabajos y propiciando espacios para crear nuevas ofertas laborales (Zilberman & Ice, 2021). Por ello, los cambios sociales y económicos que vivimos actualmente requieren de una importante inversión en educación para formar de manera permanente a la ciudadanía, y así estar al día de las nuevas demandas económicas y tecnológicas. Es así como el concepto *lifelong learning*, o aprendizaje a lo largo de la vida, cobra especial importancia. Al respecto de esta educación ciudadana y continua, la UNESCO (2015) destaca la importancia de capacitar a los ciudadanos para que sepan adaptarse a las exigencias de un mercado laboral que evoluciona rápidamente. Por ello, más allá de dominar los contenidos de las diferentes materias curriculares en las aulas, es importante que los estudiantes desarrollen destrezas cognitivas de nivel superior que sean aplicables a diversas profesiones, estas habilidades son: la resolución de problemas, el pensamiento crítico, la creatividad, el trabajo en equipo y competencias en comunicación (National Science & Technology Council, 2018; Sen, Ceylan; Sonay Ay, Zeynep; Ahmet Kiray, 2018; Unesco, 2015). Como la transformación laboral hace que cada vez sean menos los trabajos dominados por tareas rutinarias, con más frecuencia se van a

demandar trabajadores con capacidad de entender, interpretar, analizar y comunicar información compleja (OECD, 2019).

La OECD desarrolló en 2019 un instrumento que evaluaba el nivel de competencias de la población adulta (de entre 16 y 65 años cuyos participantes vivían en países avanzados tecnológicamente), así como las destrezas de procesamiento de información tales como la lectura, escritura, aritmética y resolución de conflictos. Los resultados mostraron que los adultos con niveles de competencias más altos tenían mejores resultados en el mercado laboral, un nivel de desempleo menor y mejores salarios. Como promedio, en los países que pertenecen a la OECD, se observa una relación positiva entre los niveles de aprovechamiento y rendimiento en las destrezas de procesamiento de información, con variables de bienestar como la confianza, participación en voluntariados, la eficacia política y el cuidado personal de la salud.

La OECD (2019) destaca también, que la adquisición de destrezas prácticas en lectura, escritura, matemáticas y solución de conflictos, son fundamentales para integrarse en el mercado laboral, participar de la educación, el entretenimiento, y de forma general y activa en la sociedad. Por ello, la capacidad de manejar información y solucionar problemas son necesarias para el manejo e integración de las TIC en nuestro diario vivir, así como para el desarrollo de habilidades cognitivas de orden superior como el razonamiento analítico (OECD, 2019; National Science & Technology Council, 2018; Sen, Ceylan; Sonay Ay, Zeynep; Ahmet Kiray, 2018; Unesco, 2015). Uno de los más importantes beneficios que se obtiene al fomentar la educación en STEM es que promueve el desarrollo de habilidades transferibles y aplicables a la vida diaria, así como a diferentes profesiones (Sen, Ceylan; Sonay Ay, Zeynep; Ahmet Kiray, 2018). Junto a las destrezas ya mencionadas, que se adquieren con una educación en STEM (solución de problemas, creatividad, innovación y diseño), se espera que el estudiante en su formación también desarrolle

la capacidad para adquirir habilidades relacionadas con las ciencias, el razonamiento lógico y el trabajo colaborativo (Chu, Reynolds, Tavares, Notari, & Lee, 2016; Sen, Ceylan; Sonay Ay, Zeynep; Ahmet Kiray, 2018; The National Academies Press, 2017).

La educación, que es un derecho humano fundamental (Unesco, 2015), debe garantizar que todo ciudadano tenga la oportunidad de adquirir destrezas de lectura, escritura y matemáticas. No obstante, fomentar una participación ciudadana activa requiere, además de conocimientos, habilidades que solo se adquieren mediante la escolarización para poder aplicarlas en situaciones de la vida diaria (Sen, Ceylan; Sonay Ay, Zeynep; Ahmet Kiray, 2018). Internacionalmente, han existido diversos marcos conceptuales que se han desarrollado con el propósito de establecer competencias, destrezas y habilidades que se consideran esenciales en el proceso de aprendizaje en niños, adolescentes y jóvenes, y que deben lograr para obtener una formación que les permita vivir bajo las circunstancias del contexto social actual.

Llegados a este punto, es importante aclarar que, para hacer referencia a las capacidades fundamentales que se demandan para este siglo, diversas organizaciones e investigadores han utilizado diferentes términos. Uno de ellos es el de “competencias” (OECD, 2019; UNESCO 2015), mientras otros emplean el de “destrezas” (Partnership of 21st Century Skills, 2009). Puesto que no existe un consenso respecto a un único uso de una terminología que agrupe el conjunto de conocimientos y habilidades necesarias para el siglo XXI, en el presente trabajo académico se asumirán ambos términos como sinónimos (Chu et al., 2016). La OECD (2009), considera tres dimensiones como básicas para el adecuado desarrollo de competencias en los jóvenes para el siglo XXI, que serán necesarias para integrarse de manera efectiva como trabajadores y ciudadanos de la sociedad del conocimiento. Estas son: la de la información, la de la comunicación y la de ética y social.

- Dimensión de información. Engloba las destrezas para acceder, evaluar y organizar la información digital con el fin transformarla en conocimiento nuevo o utilizarla como base para nuevas ideas. Bajo esta dimensión también se incorporan las destrezas para investigar y solucionar problemas. En ella se incluyen dos sub-dimensiones:
 - Información como fuente: destrezas para buscar, seleccionar, evaluar y organizar la información. Engloba el concepto de *alfabetización de la información*.
 - Información como producto: capacidad de transformar y desarrollar información para crear nuevo conocimiento.
- Dimensión de la comunicación. Incluye la habilidad para comunicar, intercambiar, criticar y presentar información e ideas, también incluye la integración de las TIC. Tiene dos sub-dimensiones:
 - Comunicación efectiva: incluye el procesamiento, transformación y edición de la información para presentar las ideas a la audiencia de forma eficiente o efectiva.
 - Colaboración e interacción virtual: enfatiza la importancia del trabajo colaborativo y en equipo, además de resaltar la flexibilidad y adaptabilidad.

Dimensión ética y social: comprende la responsabilidad social y la conciencia del impacto social que tienen nuestras acciones a mayor escala. De igual forma, incluye la capacidad de ser reflexivos respecto a los retos en esta era digital.

El proyecto de *Assessment and Teaching of 21st Century Skills* es una iniciativa internacional creada por Cisco, Intel, Microsoft y la Universidad de Melbourne (Griffin et al., 2012), cuyo objetivo es analizar e identificar las destrezas necesarias para ser exitoso en el mundo laboral del siglo XXI. Este grupo desarrolló una lista de diez destrezas agrupadas en cuatro

categorías principales, que son: 1) forma de pensar, 2) formas de trabajar, 3) herramientas para trabajar y, 4) vivir en el mundo (ver figura 2).

Figura 2

Destrezas del modelo Assessment and Teaching of 21st Century Skills



Nota: Figura extraída de Griffin et al. (2012)

Por otro lado, Partnership for 21st Century Skills (P21) desarrolló en 2009 una serie de marcos conceptuales o destrezas de relevancia internacional necesarias que todo estudiante debería dominar para ser exitoso en la vida personal y laboral (figura 3) (Battelle for Kids, 2019). Como podemos ver, un primer apartado base abarca “el dominio de asignaturas curriculares básicas” (español, lectura o lenguaje, dominio de otro idioma, arte, matemáticas, economía y ciencias), así como aquellos otros temas relacionados con la actualidad. Esta formación básica de conocimientos

lograría una transferencia de los conocimientos a problemas sociales acuciantes en la sociedad con el fin de promover una conciencia global, así como una alfabetización económica, financiera y de emprendimiento. Todo ello, con el fin de fomentar una participación e integración efectiva de las personas en la vida civil a nivel no solo local sino también global (Sen, Ceylan; Sonay Ay, Zeynep; Ahmet Kiray, 2018).

Figura 3

Modelo conceptual del P21



Nota. Figura extraída de Battelle for Kids (2019)

En un segundo escalón se encuentran las “competencias de aprendizaje e innovación”. Estas habilidades permiten identificar a aquellos estudiantes capacitados para enfrentarse a situaciones complejas a nivel personal y laboral, promoviendo el sentido de autodesarrollo y capacidad de innovar en un mundo cambiante como el actual. En este apartado es donde se llevan a cabo las 4 “C”: creatividad e innovación, pensamiento crítico, comunicación y colaboración.

- La creatividad permite el desarrollo, implementación y comunicación de ideas nuevas y útiles. Requiere que seamos receptivos a diferentes perspectivas y actuar con ideas creativas.
- El pensamiento crítico y la solución de problemas, requieren el análisis y la evaluación de maneja efectiva de evidencias, argumentos y creencias para poder sintetizar, interpretar y generar conclusiones. También facilita la identificación y realización de preguntas adecuadas que permiten clarificar y buscar soluciones de forma convencional o mediante la innovación.
- Las destrezas de comunicación posibilitan la articulación de pensamientos e ideas de manera efectiva mediante la comunicación oral, escrita y no-verbal en diferentes contextos y ambientes. Otro aspecto importante de la comunicación es aprender a escuchar para poder entender el mensaje.
- Desarrollar la colaboración permite ejercer la capacidad de trabajar de forma efectiva y respetuosa en grupos de trabajo. Requiere actuar con flexibilidad y voluntad para establecer acuerdos que faciliten el logro de metas comunes. También implica asumir responsabilidades compartidas y valorar la contribución que cada miembro del equipo realiza al colectivo.

Socialmente, en la presente época de la digitalización, se necesita que los ciudadanos puedan acceder a un cúmulo de información, sepan adaptarse a los cambios rápidos de la tecnología, y tengan la capacidad de contribuir mediante el trabajo individual y colaborativo. Este sería el tercer escalón que podemos ver en la figura 3, y que hace referencia a las destrezas en el “manejo de la información, medios y TIC”:

- Para el manejo de la información es importante saber acceder a esta de manera efectiva y eficiente, a la vez que se evalúa el contenido de manera crítica y competente. Es por ello necesario saber manejar el flujo de información de varias fuentes, con el fin de hacer uso de la información de manera acertada y creativa acorde al problema o a los temas que se manejan. La ética y aspectos legales son fundamentales a tener en cuenta para el acceso y el uso de la información.
- La alfabetización en medios permite entender cómo y por qué se generan los mensajes mediáticos y con qué propósito, lo que nos permite examinar cómo las personas interpretan los mensajes de los medios de diferente manera, dependiendo de su sistema de valores y creencias.
- El uso adecuado de las TIC como herramienta implica la búsqueda, organización, evaluación y transmisión de información. Utilizar la tecnología digital posibilitará el acceso, manejo, integración, evaluación y producción de información que facilite el adecuado funcionamiento de la economía, siempre cumpliendo con el adecuado empleo de los aspectos éticos y legales que conllevan el acceso y uso de las TIC.

Como podemos comprobar, el actual siglo XXI demanda en el ciudadano el desarrollo de habilidades y competencias para ayudar a las personas a ser efectivas en la sociedad del conocimiento, en el trabajo y como ciudadanos. Se requieren habilidades que van más allá de la formación académica y del conocimiento de contenidos para que faciliten la integración a una vida y ambientes laborales complejos. Estas destrezas son las que aparecen en la gráfica 3, y que hace referencia a las “habilidades para la vida personal y profesional”, y que abarcan:

- La capacidad de adaptarse y trabajar de manera efectiva en ambientes ambiguos y cambiantes, así como tener la flexibilidad para aceptarse y aplicar la retroalimentación adquirida.
- Tener iniciativa y autodirección para manejar el tiempo de manera efectiva, así como para establecer metas y estrategias que permitan trabajar de forma independiente. Abarca también la curiosidad intelectual con la que ser autónomos y apropiarnos del proceso de aprendizaje.
- Habilidades sociales y transculturales que permitan la interacción efectiva con otros. Es decir, desarrollar competencias emocionales y sociales que promuevan insertarse en una sociedad diversa.
- Habilidad para manejar proyectos y sus obstáculos, a fin de alcanzar resultados con un sentido de responsabilidad.
- Relacionarnos desde la empatía y la responsabilidad al integrar habilidades interpersonales para la solución de conflictos, así como para influenciar y lograr metas comunes. Se trata de demostrar integridad y un comportamiento ético en el ejercicio del poder o el liderazgo.

Pese a que no existe un consenso en las destrezas necesarias para el siglo XXI, en su trabajo, Chu et al. (2016) realiza un análisis que permite agruparlos en tres grandes marcos conceptuales, como se puede ver en la tabla 3.

Tabla 3

Comparación conceptual de las destrezas necesarias para el Siglo XXI

P21 (destrezas)	OECD (dimensiones)	ATCS (categorías)
Aprendizaje e innovación	Comunicación	Formas de pensar Formar de trabajar
Información, medios y TIC	Información	Herramientas para trabajar
Destrezas para la vida y carrera	Ética e impacto social	Vivir en el mundo

En la primera fila se agrupan las destrezas relacionadas con el aprendizaje y la innovación, y que abarcan la comunicación y habilidades para pensar. Un segundo grupo de destrezas comunes hace énfasis en la importancia de tener un buen dominio de las TIC, e incluye aspectos básicos del manejo de los recursos tecnológicos de la información y la comunicación, que implica la alfabetización informática. En el tercer apartado de destrezas (ATCS) se hace referencia a las habilidades generales que las personas necesitan para vivir y trabajar en un ambiente tan cambiante como en el presente siglo. Bajo todas estas destrezas destaca el tema de la ética ciudadana a nivel individual, nacional y mundial. De igual forma, los tres modelos conceptuales que se han discutido en esta tabla no dejan de tener ciertas similitudes en sus respectivas dimensiones o categorías.

Una educación que ayude a desarrollar al individuo en las destrezas citadas y atienda las necesidades y realidades contextuales de nuestro siglo, trascenderá al desarrollo de conocimientos y a una eficiente comprensión de estos. Esa educación necesitará de espacios de carácter formal e informal que potencien el desarrollo de destrezas blandas fundamentales para la inserción en sociedades y culturas cambiantes, inestables y diversas, con visiones globales e inclusivas, en las cuales poder maximizar la información, los recursos y adelantos tecnológicos. Por ello, es vital para nuestra sociedad el fomento del destrezas como el pensamiento crítico, la solución de conflictos, la comunicación, el trabajo colaborativo, así como la creatividad y la innovación (Sen, Ceylan; Sonay Ay, Zeynep; Ahmet Kiray, 2018). Promover la alfabetización informática, las

habilidades en las TIC y la alfabetización en medios de información son también esenciales para la integración del ciudadano en una sociedad del conocimiento y en una economía más global que nunca.

Por ello, la educación en STEM, como vehículo para desarrollar las destrezas necesarias para el siglo XXI, es de vital importancia para el desarrollo de los ciudadanos. El Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología de los Estados Unidos ha establecido en su plan estratégico que todos sus ciudadanos tengan acceso a una formación permanente de alta calidad, a fin de posicionarse como nación líder mundial en alfabetización, innovación y empleo en STEM. Para ello, ha establecido tres grandes metas (National Science & Technology Council, 2018):

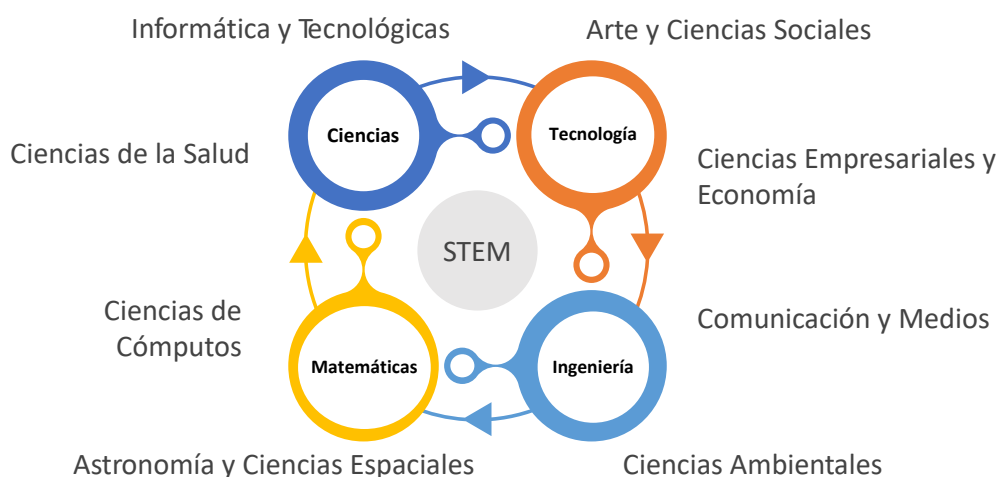
- 1) Crear unas bases sólidas para la alfabetización en STEM
- 2) Incrementar la diversidad, equidad e inclusión en STEM
- 3) Preparar una fuerza laboral en STEM para el futuro

La educación en STEM también permite relacionar las materias básicas de ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas entre ellas (figura 4), al mismo tiempo que fomenta la integración de otras disciplinas, a fin de poder desarrollar aprendizajes significativos mediante la asociación de los conceptos con problemas cotidianos (Ananiadou & Claro, 2009; Chu et al., 2016; Sen, Ceylan; Sonay Ay, Zeynep; Ahmet Kiray, 2018). Por ello, es relevante el reconocimiento y la aportación de cada una de las materias para su integración en la vida diaria. Por ejemplo, las matemáticas y la estadística son fundamentales para toda área de estudio dentro de STEM, por lo que son consideradas un lenguaje universal para describir y analizar modelos basados en fenómenos de la vida real. De manera general, las matemáticas también se consideran una asignatura primordial en STEM, ya que desarrollar conocimientos matemáticos aplicados a

contextos fomenta el pensamiento lógico, el razonamiento y el pensamiento crítico, habilidades necesarias para solucionar problemas cotidianos (National Science & Technology Council, 2018).

Figura 4

Educación en STEM y su relevancia



Nota. Figura tomada de (Sen, et al., 2018)

1.4. Una radiografía de la educación en STEM

Pese a que históricamente los EE. UU. han sido una potencia mundial en adelanto, desarrollo y producción en ciencias y tecnología, en la actualidad, economías como la de China, Japón, Oeste de Europa y el Sureste Asiático han cambiado la tendencia, y se posicionan también como líderes en esas mismas áreas. Ante el advenimiento de estos nuevos países y el cambio de liderazgo global en ciencia y tecnología, el gobierno de los EE. UU. ha incrementado la inversión de su PIB en investigación y desarrollo en ciencia y tecnología. Entre las áreas estratégicas para seguir siendo un país competitivo en la economía global se miden nueve indicadores de rendimiento en ciencia y tecnología, estos son: educación en ciencias y matemática a nivel

primario y secundario, educación superior en ciencias y tecnología, fuerza laboral, publicaciones, inversiones en investigación y desarrollo, investigación y desarrollo en el sector académico, industrias con enfoque en investigación y desarrollo, e innovación y percepción pública de las ciencias y tecnologías (PCATS, 2012).

Al analizar estos indicadores, de las nueve áreas a evaluar, al menos cinco están directamente relacionados con el sector académico. De igual forma, y de manera transversal, de los objetivos para el desarrollo sostenible que Estados Miembros de las Naciones Unidas aprobaron como parte de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, 17 de ellos hacen referencia a la importancia de STEM (United Nations, 2019). Esos 17 objetivos destacan por la importancia de la educación en ciencias, matemáticas y tecnología, como el conocimiento necesario para lograr que las naciones y sociedades sean sostenibles, protejan el planeta y garanticen las necesidades básicas a los ciudadanos, erradicando las desigualdades sociales y asegurando la prosperidad mundial. Promover el desarrollo social y económico de los pueblos requiere una gestión sostenible de los recursos, la promoción de una educación de calidad y fortalecer la capacidad científica, tecnológica y de innovación con las que promover la calidad de vida de los ciudadanos (Unesco, 2015). Para integrar estas iniciativas transformadoras en planes estratégicos, es necesario y transcendental desarrollar mecanismos que permiten evaluar el progreso y el alcance de las metas que se hayan establecido.

Para un desarrollo sostenible, la educación no solo es un derecho inalienable que debe disfrutar todo ser humano, sino que es obligatoria para todos los niños y niñas en edad escolarizada hasta los 16 años en muchos países, aunque otros extiendan la edad hasta los 18 años. El sistema educativo se divide en países como EE. UU. en cuatro niveles, con un mínimo de doce años de escolarización desde el nivel de preescolar o *Kindergarten*, pasando por primaria hasta el grado

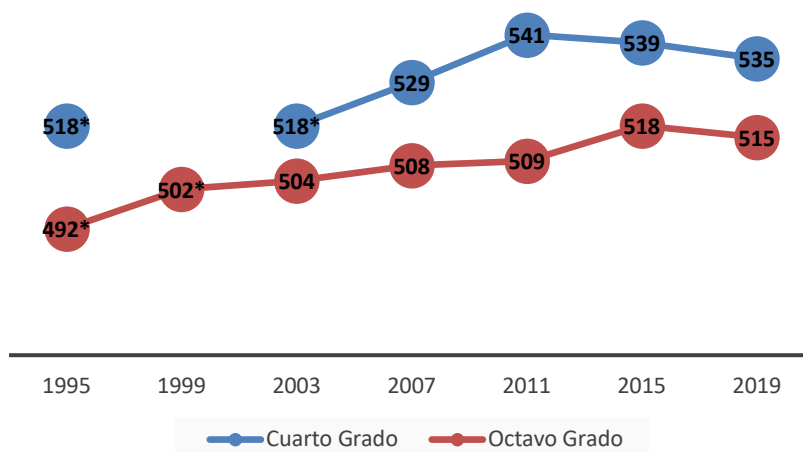
12 en secundaria, lo que también se conoce por las siglas K-12. Aunque la educación temprana no es obligatoria, es común que los estudiantes inicien su proceso de escolarización de 3 a 5 años, cursando el nivel de preescolar que incluye *Pre-Kindergarten* y *Kindergarten*, equivalente a la Educación Infantil en España. La educación obligatoria se inicia en Primaria, donde los estudiantes cursan los grados 1º a 8º, con edades entre los 6 y los 13 años. Y, finalmente, la escuela secundaria, que incluye los grados 9º al 12º, con edades comprendidas entre los 13 y 17 años.

Los sistemas educativos a nivel mundial promueven, de una u otra forma, el desarrollo de estrategias que faciliten medir el rendimiento y el progreso de sus estudiantes para compararlos a nivel mundial. Tal es caso de la evaluación de las competencias cognitivas mediante pruebas estandarizadas. El Estudio Internacional de Tendencias en Matemáticas y Ciencias, conocido por sus siglas en inglés como TIMSS (*Trends in International Mathematics and Science Study*), auspiciado por la Asociación Internacional para la Evaluación del Rendimiento Educativo, sirve para conocer el rendimiento óptimo que ofrecen los estudiantes que cursan 4º grado (4º de primaria en España) y 8º grado (2º de la ESO en España), y valorar el nivel de adquisición de las competencias en matemáticas y ciencias. Desde 1995, TIMMS evalúa la ejecución de los estudiantes cada cuatro años (1995, 1999, 2003, 2007, 2011, 2015 y 2019), hasta completar una trayectoria de casi veinte años. Simultáneamente, TIMMS ha permitido comparar tendencias y cambios en el rendimiento de estudiantes de hasta 64 países participantes. Como se presenta en la figura 5, tanto EE. UU. como España han participado en TIMMS, aunque en el caso de España solo lo ha hecho con estudiantes de 4º de Educación Primaria, y Estados Unidos con estudiantes de cuarto y octavo grado. Es perentorio resaltar que Puerto Rico no participó del estudio TIMMS. Una mirada al informe del 8 de diciembre de 2020, con los resultados internacionales del estudio TIMSS 2019, reveló que los países como Singapur, China Taipéi, Corea, Japón y Hong Kong

octavo grado se situaron en décimo primer lugar. El análisis realizado por TIMMS (2019), muestra un incremento significativo en las puntuaciones promedios en matemáticas, aunque al comparar el rendimiento de los estudiantes entre los años 2015 y 2019, se observa una leve disminución en las puntuaciones promedio como puede verse en la figura 6.

Figura 6

Rendimiento en matemática de los estudiantes de cuarto y octavo grado

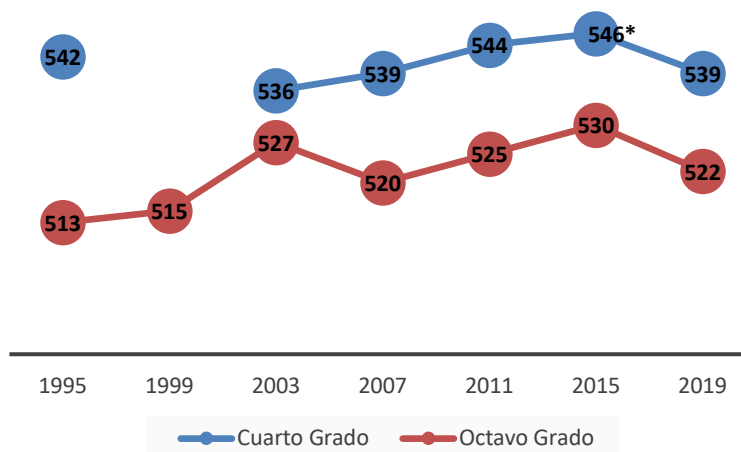


Nota. Extraído de Martin, M. O., Kelly, D. L., & Fishbein, B. (2019)

Según este mismo estudio, al comparar las tendencias de rendimiento académico en ciencias, pese a existir un descenso en el promedio de las puntuaciones, los cambios no han sido significativos durante el período de tiempo entre los años 1995 y 2019, tanto en cuarto como en octavo curso (figura 7).

Figura 7

Rendimiento en ciencias de los estudiantes de cuarto y octavo grado



Nota. Extraído de Martin, M. O., Kelly, D. L., & Fishbein, B. (2019)

Fortalecer el aprendizaje de los conceptos básicos en matemáticas y ciencias, en etapas tempranas del desarrollo es una gran apuesta para aquellos países que aspiran a mejorar sus proyectos y economías en innovación e investigación. De esta manera contribuyen al desarrollo de ciudadanos responsables de sí mismos y su entorno. Al mismo tiempo que se fortalece la educación en ciencias y matemáticas, se lograría una mejora en el desarrollo del pensamiento analítico, el razonamiento ordenado y la agilidad mental. De igual manera, promover la enseñanza de estas materias a niveles primarios incrementa el interés a realizar carreras académicas técnicas, así como a progresar durante la educación secundaria, además de que son destrezas aplicables al entorno laboral (Sen, Ceylan; Sonay Ay, Zeynep; Ahmet Kiray, 2018). Es por ello que el Gobierno Federal de los EE.UU. estableció en su plan estratégico para el futuro, que todos los estadounidenses tuvieran acceso permanente a una educación en STEM de alta calidad, a fin de que el país se posicionase como líder mundial en educación e innovación a nivel profesional en estas áreas (National Science & Technology Council, 2018).

El acrónimo de STEM engloba, de manera general, las carreras asociadas con la ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas. Sin embargo, el Consejo Nacional de Ciencias de Estados Unidos, en el artículo que tiene como título *Revisiting the Stem Workforce* (2015), planteó un concepto más amplio de STEM, que incluye toda carrera profesional que requiere para su ejecución la incorporación de conocimientos y destrezas relacionadas con STEM. De esta manera, vemos que el espectro de posibilidades dentro de las carreras STEM abarca las ciencias puras, ingeniería, matemáticas, ciencias de cómputos, ciencias agrícolas, educadores, investigadores sociales y psicólogos, entre otras profesiones. El Departamento de Comercio de los EE. UU. resaltó la fuerza laboral en STEM como crucial para generar nuevas ideas, formular y comercializar patentes, así como promover la flexibilidad y el pensamiento crítico que requiere la economía moderna (Noonan, 2017). Bajo esta perspectiva, se hace necesario fomentar una educación relacionada con el contexto, a fin de incrementar la fuerza laboral en STEM que atienda las realidades sociales que afronta el país. Con la idea y objetivo de promover el interés y la retención de los estudiantes en carreras relacionadas con STEM desde una política pública nacional, se están realizando diversos esfuerzos. Históricamente, destaca el informe que generó la Comisión Boyer (1998) como uno de los principales agentes catalizadores de cambios en la política pública educativa en STEM en EE. UU. En el escrito, la comisión esboza la importancia de proveer experiencias educativas centradas en el estudiante, haciendo especial énfasis en la integración como componente medular de la educación universitaria, así como las experiencias educativas basadas en investigaciones (Kuh, 2008; National Research Council, 1999; National Science Foundation, 1996).

1.4.1. Las ofertas de programas en STEM y el número de titulados

El sistema de educación superior de los EE. UU. engloba una diversidad de instituciones académicas con una gran oferta de estudios, por ejemplo, las instituciones centradas en la investigación con programas a nivel graduado (Máster, Doctorado o aquellas que ofrecen principalmente bachilleratos o su equivalente a estudios de grado en España). Simultáneamente, instituciones, denominadas *Community College*, ofrecen estudios similares a las diplomaturas en España. Estos son programas de capacitación laboral o programas de transferencia que permiten cursar los primeros dos años de un bachillerato. Otra categoría de instituciones académicas serían las *Minority Serving Institutions*, o instituciones que atienden principalmente a minorías étnicas. La clasificación de instituciones de educación superior de Carnegie utiliza para identificar las instituciones parámetros que se relacionan con la población que atienden, grados conferidos y características institucionales. Así, una institución académica puede ser descrita bajo varias categorías simultáneamente.

Datos de los Indicadores en Ciencias e Ingeniería del Comité Nacional para las Ciencias (2020), indicaron que en el año académico 2017-2018, en EE. UU. había un total de 4.400 instituciones de educación superior, de las cuales el 37% (n= 1.643) eran públicas, el 40% privadas sin fines de lucros (n= 1.739) y el 23% (n= 1.019) privadas con fines de lucro. De todas estas entidades educativas, las instituciones públicas otorgaron aproximadamente el 70% de todos los grados en ciencias e ingeniería, lo que reafirma la importancia y los beneficios de una educación pública para la sociedad. La cantidad de títulos conferidos suele ser un indicador que se emplea a nivel internacional y nacional para analizar las tendencias y conocer la situación de la educación en general. En EE. UU., el total de grados otorgados a nivel de bachillerato muestra un incremento en todas las materias. Por ejemplo, si bien en el año 2000, aproximadamente 1,3 millones de

estudiantes obtuvieron su bachillerato, en 2017 fueron dos millones los que lo lograron. En el caso de las carreras relacionadas con STEM, del total de grados conferidos en ciencias e ingenierías, el 70% de estos se otorgan a nivel de bachillerato. Estos datos sustentan la existencia de un *embudo académico*, es decir, a un más alto nivel en la escala de desarrollo profesional menos estudiantes completan sus estudios. Cabe desatacar, que los datos relacionados con la cantidad de títulos otorgados en carreras en STEM también muestran una tendencia positiva hacia el incremento de forma temporal, pasando de 400.000 en el año 2000, a un total de 680.000 en 2017 (National Science Foundation, 2019).

Respecto a la cantidad de bachilleratos en ciencias e ingeniería, a nivel internacional, China se posiciona en primer lugar con aproximadamente 1.7 millones títulos. Las tendencias muestran que, en los últimos 10 años, China ha duplicado la cantidad de títulos otorgados a nivel de grado, especialmente en el área de ingeniería. En cambio, durante el año 2016, en los EE. UU. se otorgaron aproximadamente 800.000 bachilleratos en ciencias e ingeniería, y en el caso de la Unión Europea (UE), se concedieron cerca de un millón de títulos de grado en estas áreas, siendo el 70% de los títulos de grado de países como Francia, Alemania, Italia, Polonia, España y Reino Unido (National Science Foundation, 2020).

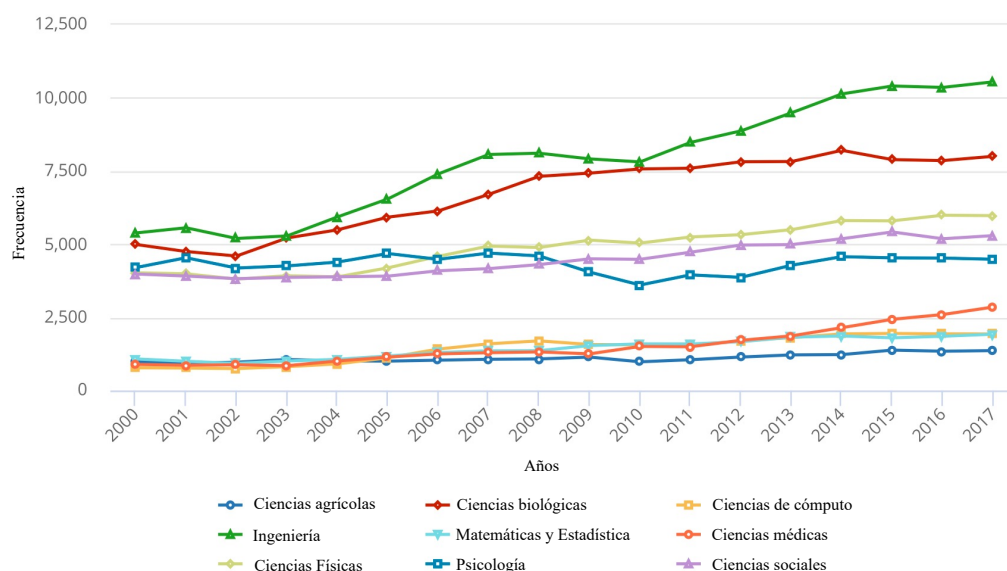
En relación a la cantidad de títulos de máster otorgados en EE.UU., hay un aumento significativo durante los años 2000 y 2017, pasando de 96.000 estudiantes que lo obtuvieron a principios de siglo, a un total de 206.000 en 2017 (National Science Foundation, 2020). Según el Departamento de Educación de los Estados Unidos, se espera que esta tendencia en alza se mantenga hasta el año 2028 (Hussar and Bailey 2019). A pesar de que el incremento se está produciendo en todas las áreas relacionadas con las ciencias y tecnologías, las carreras

relacionadas con ingeniería, ciencias de cómputos, matemáticas, estadísticas y biología son las que muestran el mayor aumento en este tipo de títulos conferidos.

Los datos a nivel de educación superior, específicamente a nivel doctoral, suelen ser muy significativos para las naciones, ya que este nivel académico permite preparar a los futuros investigadores que representarán una fuerza laboral altamente cualificada tanto en la academia, la industria, el gobierno y las organizaciones sin fines de lucro. En EE. UU. se observa un incremento en la cantidad de títulos de doctor y se proyecta un crecimiento constante al menos hasta el año 2028 (Hussar and Bailey 2019). En el caso específico de los doctorados concedidos en carreras en STEM, estos representan el 64% de la totalidad de los conferidos por las universidades del país, pasando de los 45.000 en 2000, a más de 71.000 en 2017.

Figura 8

Doctorados conferidos entre 2000-2017



Nota. Figura tomada del National Science Board, National Science Foundation (2019)

Esta es otra muestra más de cómo la formación en STEM sigue en aumento, comparado con otras carreras (figura 8). Más concretamente, en las áreas de ingeniería, ciencias de cómputos y medicina reflejan el mayor incremento (National Science Foundation, 2019).

A nivel internacional, en la obtención de títulos de doctorado en materias de ciencias e ingeniería, EE. UU. se posiciona en primer lugar, graduando aproximadamente a 40.000 doctorandos durante el 2016 (National Science Foundation, 2020). En los países de la UE. se doctoraron alrededor de 77.000 estudiantes, mientras que en China se graduaron 34.000, siendo la mayor parte de estos doctorados de áreas relacionadas con las ciencias naturales e ingeniería, así como materias y áreas muy bien consideradas social y económicamente a nivel mundial desde el 2007.

Más allá de la cantidad de títulos otorgados, otra variable que puede ayudar a medir el logro de los programas académicos es el nivel de retención. La retención es la cantidad de estudiantes que persisten en las carreras en las que se matriculan hasta la culminación y obtención final del grado. La retención en las carreras relacionadas con STEM cobran especial atención, pues gran cantidad de los estudiantes que inician sus estudios en estas no suelen culminarlas (President's Council of Advisors on Science and Technology 2012). Teniendo en cuenta las implicaciones y el impacto negativo que tiene la baja retención de estudiantes en STEM, el Departamento de Educación de los EE. UU. desarrolló un cuestionario titulado *Beginning Postsecondary Students* (BPS por sus siglas en inglés) para valorar este aspecto en aquellos estudiantes que iniciaban sus estudios postsecundarios. El cuestionario BPS, que se administra a nivel nacional a una muestra representativa de estudiantes que inician el primer año en la universidad en STEM, se vuelve a cumplimentar tres años después de la primera administración, para pasarlo a los mismos participantes a los seis años. La primera administración se realizó en el curso 2011-12, y los datos

obtenidos permitieron recabar información relacionada con la retención y abandono de las carreras en STEM. Según algunos datos, el 69% de aquellos estudiantes que indicaron estar matriculados en un programa cuya concentración académica estaba bajo la facultad de ciencias naturales e ingeniería, persiste en la misma carrera tres años después de iniciar sus estudios. En el caso de las ciencias del comportamiento, la retención de estudiantes en su tercer año de estudios fue de un 67%. Por el contrario, al analizar la retención de estudiantes en carreras no relacionadas con STEM se observa que el 82% de ellos siguen matriculados tres años después de iniciarlas (National Science Foundation, 2019).

A nivel graduado, el tiempo que un estudiante tarda en obtener su título de doctor cobra especial importancia tanto para las universidades como para las agencias y organizaciones que otorgan fondos de becas. En EE. UU., la media del tiempo que se demora un estudiante para completar su grado se mide desde que el alumno inicia sus estudios hasta que recibe el título. En esta dirección, los datos del Centro Nacional de Estadísticas en Educación, conocido por sus siglas en inglés como NCSES indica que, en 2017, el tiempo medio para completar un doctorado en las áreas de ciencias físicas y ciencias terrestres fue de 6.2 años. En cambio, la media de años para completar un doctorado en psicología o ciencias sociales fue de 7.8 años (NCSES, 2017). Cabe mencionar que son muchas y diversas las variables que influyen en el alumnado a la hora de completar un grado doctoral. Sin embargo, esta discusión está fuera de los propósitos de la presente investigación.

1.4.2. El sexo y la raza como variables en la formación y finalización de los estudios en STEM

Entre las variables demográficas de relevancia en el área de STEM destaca la del sexo. En promedio, las mujeres reciben al menos la mitad de los títulos otorgados en todas las áreas a nivel

de bachillerato, maestría y doctorado. Sin embargo, en el contexto de STEM, esta representación disminuye significativamente (NCSES, 2017). Sin embargo, se observa en diferentes estudios una mayor representación de mujeres en campos de STEM relacionados con la psicología, ciencias biológicas y ciencias sociales. Datos del NCSES (2017) reflejan que las mujeres obtuvieron más de la mitad de los grados conferidos en todos los niveles de las áreas antes mencionadas. A pesar de ello, existe una baja representación de mujeres en carreras relacionadas con ingeniería, ciencias terrestres, atmosféricas y oceánicas, así como ciencias de cómputos, matemáticas, estadísticas y ciencias físicas.

A nivel de bachillerato, las mujeres también obtienen la mitad de los grados en STEM, aunque se presentan variantes en algunos campos de estudio. Hay un incremento en la cantidad de hombres que obtienen un grado en ciencias de cómputos, lo que amplía la brecha existente entre las mujeres, reduciendo así su representación en un 19%. Una tendencia similar se observa en las áreas de matemáticas y estadísticas, cuya reducción de representatividad de mujeres pasa de un 48% a un 42% (NCSES, 2017). En el año 2000 se detectó un incremento en la cantidad de mujeres a nivel doctoral en todas las carreras relacionadas con STEM, así como en el total de títulos de doctor otorgados a mujeres, que fue de 11.000 en el año 2000, a 21.000 en 2017. Esto implica que la representación de mujeres que ostentan un título de doctora en carreras en STEM se incrementó en un 6% durante el periodo que comprende entre el año 2000 a 2017 (aumentando de un 39% del total de títulos otorgados a un 45%). Existen tendencias específicas en algunos campos de STEM, por ejemplo, en las áreas de medicina y ciencias biológicas las mujeres obtuvieron cerca de la mitad de los doctorados otorgados durante 2017. En ese mismo año, la representación de mujeres doctorandas en el área de ingeniería fue de un 16% del total de doctores graduados, un 23% en las carreras de ciencias de cómputos y un 27% en matemáticas y estadísticas (NCSES, 2017).

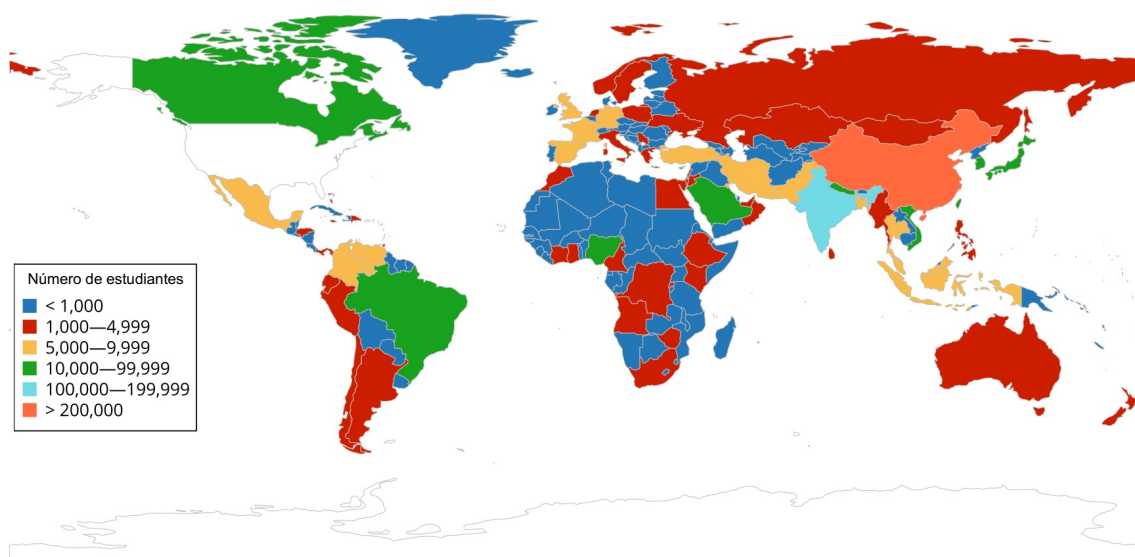
Dado el aspecto multidimensional de la educación, otra variable demográfica a tener en cuenta es el origen o la raza del estudiante. En el contexto de los EE. UU. este aspecto cobra especial relevancia dada la transición histórica que afrontan las características poblacionales del país. Según algunos datos del censo, en 2016, el 50% de la población de edades comprendidas entre los 0 y 17 años se identifican como no-blancos. Se estima que para el año 2060, dos terceras partes del país serán personas de color (U.S. Census Bureau, 2018). Estos condicionantes obligan al Estado a llevar a cabo de forma urgente un proceso de integración desde la política pública, de manera que facilite atemperar las condiciones sociales con una perspectiva diversa que trascienda la normatividad y la hegemonía blanca. Alineado a la realidad social y al cambio demográfico que los EE. UU. afrontan como nación, hay que destacar las características particulares del sistema de educación superior del país. A nivel internacional, EE. UU. se sitúa entre los primeros destinos que seleccionan los estudiantes para realizar sus estudios, juntamente con el Reino Unido, Australia, Francia, Alemania y Rusia (Souvaine et al., 2020).

El fenómeno de la movilidad social, vinculado a la globalización y a los cambios demográficos, está generando cambios en la composición racial y étnica de los egresados en las carreras en STEM (figura 9). En esta dirección, se observa un incremento en la obtención de títulos en STEM por miembros de grupos étnicos considerados poco representados en el país. Pese a que la brecha se ha hecho más estrecha, las diferencias continúan. Durante el año 2017, el porcentaje de personas que tenían al menos un título de bachillerado, con edades comprendidas entre los 25 y 29 años, era del 23% para negros, 19% hispanos y 42% blancos. Es evidente que existen diferencias en la obtención de títulos en STEM en relación con la raza o etnia, pero el análisis de tendencias muestra que, con el tiempo, la cantidad de hispanos que han obtenido un bachillerato

en STEM en los últimos años se ha visto incrementado en el periodo de 2000 a 2017, aunque sin cambios en el caso de los estudiantes de raza negra que obtienen un bachillerato.

Figura 9

Matrícula de estudiantes internacionales en educación en 2018



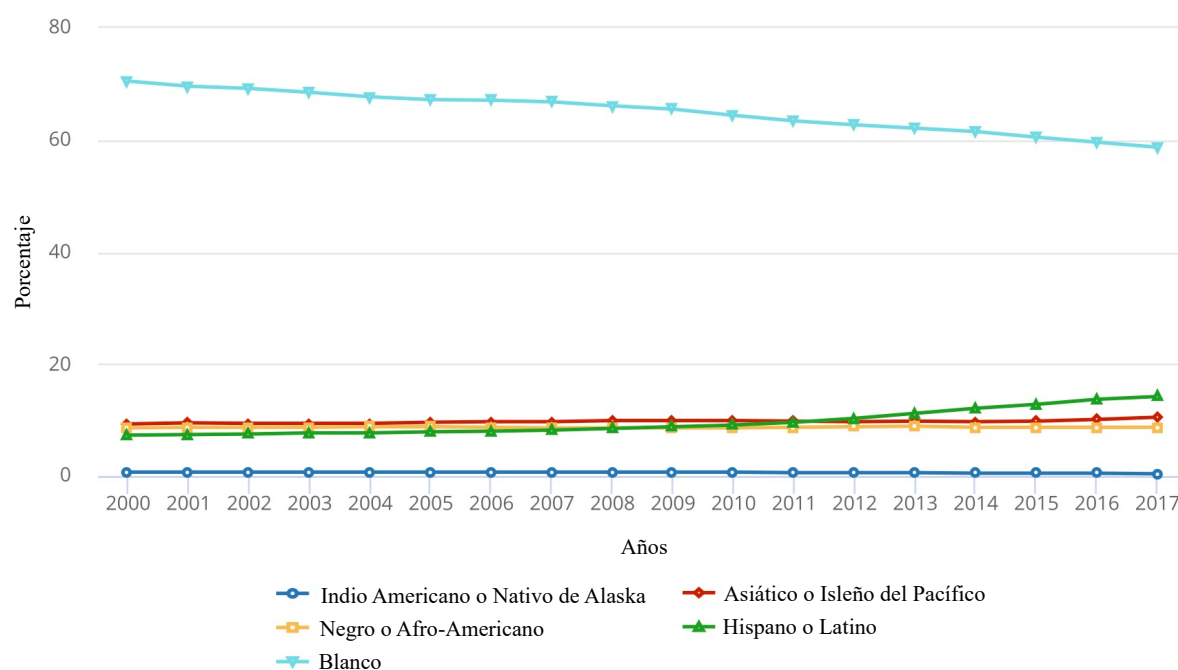
Nota. Figura tomada de National Science Board, National Science Foundation (2019)

Los datos también presentan una reducción en la representación de estudiantes que se identifican como Indios Americanos o Isleños del Pacífico, aunque de forma constante sigue en aumento la cantidad de estudiantes asiáticos. En la figura 10 se puede apreciar también el incremento en la cantidad de estudiantes de raza o etnia mixta (National Science Foundation, 2019). Desde el año 2016, se observa una leve reducción (menor de un 1%) del número de alumnos internacionales con visa temporal de estudios en EE. UU. Pero, al comparar la matrícula en programas en ciencias, a diferencia de otras carreras, se observa un incremento en la cantidad de estudiantes a nivel de bachillerato. Por otra parte, entre los años 2016 y 2018, la cantidad de

estudiantes internacionales que se matriculan en programas graduados en ciencias muestra un leve declive, y en el caso de las carreras relacionadas con ingeniería, donde se reduce tanto a nivel de grado como de posgrado (National Science Board, 2019).

Figura 10

Estudiantes con título de bachillerato en STEM en EE. UU. por raza

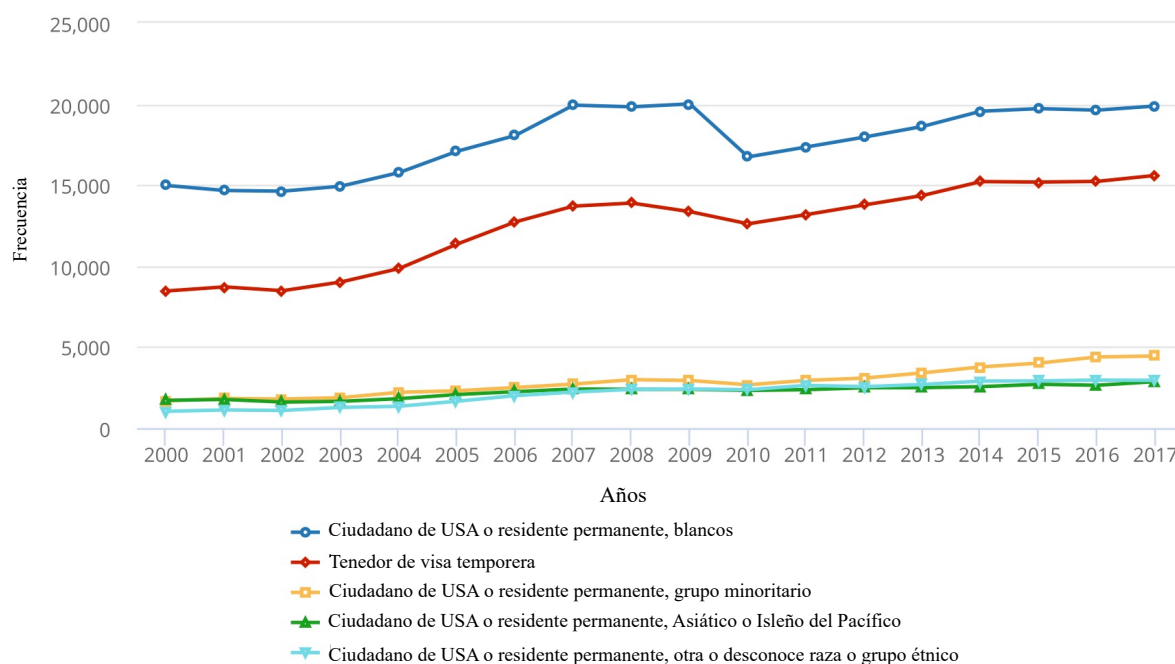


Nota. Figura tomada de National Science Board, National Science Foundation (2019)

Al analizar las tendencias en la obtención de títulos de doctor en STEM entre ciudadanos y residentes de EE. UU., según su raza y etnia, hay un amento en la cantidad de títulos en los grupos poco representados. Como se muestra en la figura 11, la cantidad de doctorados en STEM obtenidos por negros e hispanos entre los años 2000 y 2017 se ha incrementado en al menos un 8%. Al mismo tiempo, ha habido una reducción de al menos un 11% en el número de doctorados de ciudadanos de EE. UU. o residentes permanentes que se identifican con la raza blanca.

Figura 11

Estudiantes (ciudadanos y residentes de EE.UU. por raza y etnia) con doctorado en STEM



Nota. Figura tomada de National Science Board, National Science Foundation (2019)

Es importante mencionar que existen diferencias en cuanto a raza y etnia dentro de los campos de estudio en STEM. Por ejemplo, los datos del IPEDS indican que, en 2017, los estudiantes negros obtuvieron el 32% de los doctorados en carreras médicas o relacionadas con la salud, mientras que en el caso de los hispanos fue de un 24% en doctorados en psicología, y un 20% en ciencias biológicas. Por su parte, el grupo racial de estudiantes que se identifica como asiáticos, suelen obtener un 24% de los doctorados en ingeniería y ciencias biológicas (National Science Board, 2019). Como presenta la figura 11, el segundo grupo que mayoritariamente obtiene doctorados en carreras STEM son estudiantes con visa temporal para estudios. Estos datos muestran el posicionamiento global de las instituciones de educación superior de EE. UU., puesto

que al analizar la tendencia de estos datos se observa un incremento en la cantidad de títulos conferidos a estudiantes internacionales.

A partir del año 1990, las principales naciones del mundo comenzaron a identificar el potencial que infiere el desarrollo de una población educada y capaz de integrarse laboralmente de forma efectiva, por lo cual, adoptaron planes de acción para expandir sus sistemas de educación superior. Entre las estrategias de algunos países se encuentran los incentivos para estudiar carreras en el exterior con el propósito de proveer experiencias que expandan el conocimiento en las materias y el dominio de otros idiomas, a la vez que expone a los estudiantes a entornos culturalmente diferentes, lo que propicia y fomenta una fuerza laboral más competente en el mercado laboral. De igual forma, los países han optado por adoptar políticas para fomentar el retorno de los estudiantes que salen de sus países a estudiar (National Science Board, 2019).

El Sistema de Información de Estudiantes y Visitantes por Intercambio (Exchange Visitor Information System, SEVIS), del Departamento de Seguridad Nacional, conocido por sus siglas en inglés como ICE, es un sistema web que recopila datos administrativos de todo extranjero que ingresa en EE. UU. con el propósito de estudiar. Anualmente, el ICE realiza un informe *SEVP en Números*, con el fin de proveer información referente a datos y tendencias de aquellos estudiantes que aparecen con matrícula activa en instituciones de educación superior a nivel de grado asociado, bachillerato, maestría y doctorado (SEVP, 2020).

La tendencia de la cantidad de visas de estudios conferidas a estudiantes internacionales que están registrados en SEVIS desde el 2018 muestra una reducción en las matrículas. También destaca que, en promedio, el 77% de los estudiantes con visa temporal de estudios en EE. UU. cursan una carrera a nivel de bachillerato o maestría. Es de especial importancia puntualizar el impacto que la pandemia del COVID-19 tuvo durante el año académico 2019-2020 (tabla 4). Los

datos más recientes hacen notoria una reducción de al menos un 17.86% en la matrícula de estudiantes internacionales (SEVP, 2020).

Tabla 4

Estudiantes con visa de estudio en EE. UU. por nivel académico

Nivel académico	Año académico			
	2016-2017	2017-2018	2018-2019	2019-2020
Grado Asociado	125,872	116,734	107,312	85,909
Bachillerato	520,664	522,155	517,556	445,659
Maestría	496,185	498,625	494,099	411,340
Doctorado	170,713	178,553	187,902	179,073
Total	1,313,434	1,316,067	1,306,869	1,121,981

Nota. Extraído de U.S. Immigration and Customs Enforcement (2017, 2018, 2019, 2020)

Pese a que la principal área de estudio de los estudiantes internacionales son los programas para aprender segundos idiomas, al contrastar las principales veinte carreras de mayor demanda entre los estudiantes internacionales, se identifica que el 45% de las matrículas son en carreras relacionadas con STEM. Como se presenta en la tabla 5, las carreras relacionadas con ciencias de cómputos, ingeniería, matemáticas y ciencias biológicas se encuentran entre las principales materias de estudio.

Tabla 5

Carreras con mayor demanda entre estudiantes extranjeros entre 2017-2020

Carreras	Años		
	2017-2018	2018-2019	2019-2020
Aprendizaje de Segundo idioma (no inglés)	153,843	144,631	89,171
Negocios, Administración y Dirección de Empresas	113,426	109,133	90,099
Ciencias de Cómputo	79,537	77,549	67,633
Ingeniería Eléctrica y Electrónica	58,089	53,873	43,390

Ciencia de Computación e Información	46,588	49,041	43,547
Ingeniería Mecánica	40,799	38,858	32,805
Escuela Superior/Diplomas programas secundarios	31,588	27,509	19,895
Estudios Generales	31,413	32,326	
Ciencias y Artes Liberales	30,359	31,225	22,409
Escuela Superior Regular/ Diplomas programas secundarios	29,318	31,225	22,384

Nota. Extraído de U.S. Immigration and Customs Enforcement (2017, 2018, 2019, 2020)

A nivel de todas las carreras y niveles académicos, en las instituciones educativas de los EE. UU. se pueden encontrar una representación estudiantil de más de 231 países y territorios. Los principales tres países con mayor representación de estudiantes que poseen una visa temporal en EE. UU. son China, India y Corea del Sur. Datos del año 2020 indican que el 74% de los estudiantes internacionales de EE. UU. provienen de Asia (tabla 6).

Tabla 6

Principales países de origen de los estudiantes con visa temporal de estudio

País	Año		
	2017-2018	2018-2019	2019-2020
China	478,732	474,497	382,561
India	251,290	249,221	207,460
Corea del Sur	88,867	84,071	68,217
Arabia Saudita	61,205	53,283	68,217

Nota. Extraído de U.S. Immigration and Customs Enforcement (2018, 2019, 2020)

Dentro de las carreras relacionadas con STEM, también se observa una alta representación de estudiantes internacionales, por ejemplo, son el 52% de aquellos alumnos que cursan programas académicos en STEM en instituciones de educación superior en los EE. UU. A nivel de bachillerato, los estudiantes internacionales con visa temporal de estudios obtienen el 46% de los

grados en STEM, principalmente en las áreas de economía (18%), matemáticas y estadística (17%) e ingeniería (10%). A nivel de maestría, se observa que los estudiantes internacionales obtienen cerca del 56% de los títulos en STEM. Respecto a los doctorados conferidos en STEM, el 34% de estos se otorgan a estudiantes internacionales con visa de estudios. En el caso específico de los doctorados en ingeniería, los estudiantes internacionales obtienen el 57% de los grados que se otorgan en esta materia. Paralelamente, estos estudiantes obtienen el 59% de los doctorados en economía, el 56% en ciencias de cómputos y el 49% en matemáticas y estadística.

Desde el año 2000, China, India, Corea del Sur y Arabia Saudí son los países de origen que mayoritariamente representan la población de estudiantes internacionales que obtienen doctorados en STEM. Estos cuatro países representan el 54% de todos los estudiantes internacionales (National Science Board, 2019; Souvaine et al., 2020). Sin embargo, entre el año 2016 y 2018 la matrícula de estudiantes graduados chinos en STEM se incrementó un 11%, mientras que en las mismas carreras hubo una reducción de un 22% en la matrícula de estudiantes graduados que provienen de la India. En los EE. UU. el 26% de la población entre edades comprendidas entre los 25 y 34 años posee un bachillerato, cuando el promedio de la OECD es un 22%. Sin embargo, al analizar la obtención de títulos en niveles académicos superiores al bachillerato, EE. UU. se encuentra por debajo de los números internacionales, con un 12% frente al 15% de la OECD (Souvaine et al., 2020). Estos datos son significativamente relevantes para el desarrollo de estrategias que faciliten la transformación de los sistemas educativos y la retención de los estudiantes.

Otro indicador relevante para este tipo de comparaciones entre los sistemas de educación superior a nivel internacional es la Clasificación Internacional Normalizada de la Educación (*International Standard Classification of Education*, ISCED en inglés), que hace referencia a la

cantidad de títulos de primera calificación académica a nivel de los programas terciarios, que son programas educativos cortos tales como la formación profesional en España (UNESCO, 2015). Se consideran títulos de primera calificación académica aquellos cuya culminación otorgan un bachillerato o maestría. Al analizar los datos de ISCED en 2016, EE. UU. otorgó cerca de 800.000 títulos de primera calificación académica en STEM. La Unión Europea concedió cerca de 1 millón de títulos en STEM, de los cuales el 70% fueron en países como Reino Unido, Alemania, Francia, Polonia, Italia y España. En el caso de China, en los últimos 10 años se ha doblado la cantidad de títulos de primera calificación académica en STEM (Souvaine et al., 2020).

A nivel doctoral, la Unión Europea se posiciona en primer lugar otorgando doctorados en STEM (el 75% de estos títulos son de Alemania, Reino Unido, Francia, España, Italia y Suecia). EE. UU. se posiciona como uno de los principales países en graduar a sus estudiantes de doctorado en STEM (cerca de 40.000), seguido de China (34.000). Según Souvaine (2020), en cuanto a los datos de títulos doctorales que se otorgan en EE. UU., es importante resaltar la notoria representación de estudiantes internacionales con visa de estudios temporal por su repercusión en la movilidad internacional de estudiantes. Por ejemplo, la tasa de retención y empleabilidad de estudiantes internacionales con visa temporal en EE. UU., que obtuvieron un título de doctor en STEM durante los años 2003 y 2017, fue de entre un 64% y un 71%, hasta cinco años posterior a la graduación. Estos datos son de especial relevancia puesto que se estima que el 49% de los estudiantes con visa temporal financian sus estudios doctorales con becas de investigación, porcentaje mayor si se compara con los ciudadanos o residentes permanente de EE.UU. (National Science Foundation, 2019).

Para concluir, estos datos muestran que las instituciones de educación superior de los EE. UU. son un ecosistema heterogéneo que atiende a poblaciones con necesidades diversas, en el que

hay grupos que están poco representados en las áreas y carreras de STEM. Por ello, se hace necesario promover iniciativas que contemplen la diversidad, sobre todo en las instituciones académicas, ya que los egresados de estos centros educativos serán los profesionales que ingresen en el mercado laboral. Sobre todo, con formación en STEM en áreas y materias académicas que la hacen única y que requieren prestar especial atención a la diversidad, un fenómeno prevalente en STEM. Si le sumamos la movilidad académica asociada con estudiantes e investigadores, así como las colaboraciones tanto a nivel nacional como internacional, todas ellas fomentan y nutren la creatividad e innovación, facilitando el intercambio de conocimiento y el desarrollo de investigaciones para generar nuevos proyectos impensables a día de hoy (OECD, 2017). Por ello, el desarrollo de la política pública es vital para impulsar y potenciar ambientes educativos que hagan factible promover la innovación, para lo cual, el acceso a financiación y el desarrollo de iniciativas entre el sector público y privado juegan un papel importante para enfrentar los nuevos retos en STEM.

Capítulo II. El valor de las experiencias en investigación del alumnado

2.1. Las experiencias en investigación

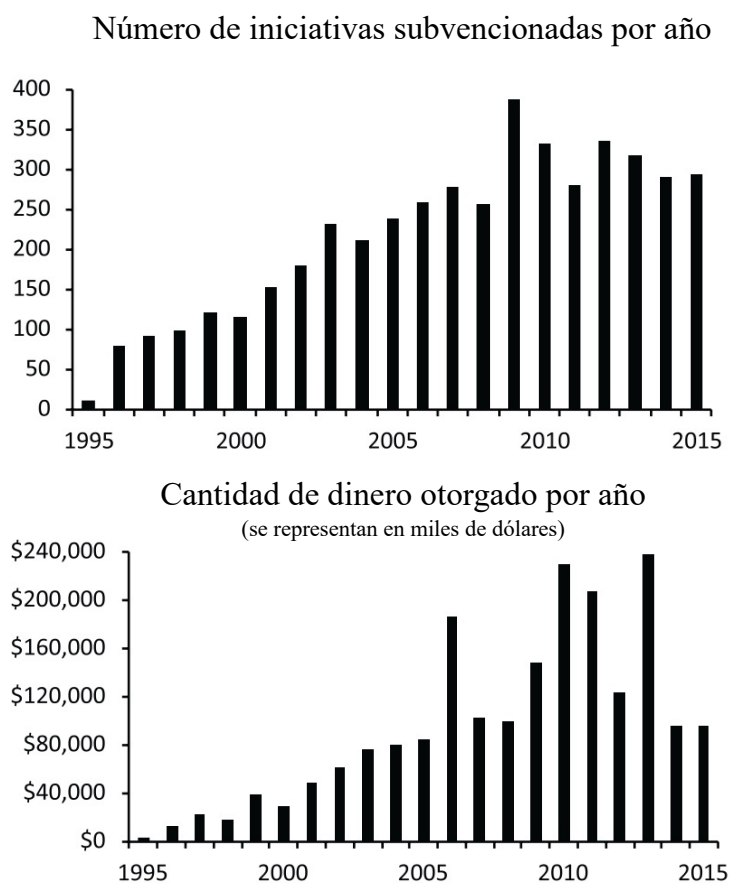
Desde la década de los noventa la política pública de los EE. UU. ha llevado a cabo iniciativas para promover experiencias de investigación como parte esencial en la educación en STEM. El informe de la Comisión Boyer (1998) integra el concepto de “experiencias de investigación finales” como elemento fundamental en la educación de pregrado. Sin embargo, no fue hasta el año 2012 cuando el Consejo de Asesores en Ciencia y Tecnología del Presidente (President’s Council of Advisors on Science and Technology, PCAST en inglés) recomendó de manera explícita reemplazar los cursos básicos de laboratorio por cursos de investigación, cuyo enfoque de aprendizaje se basara en descubrir. Para ello, los estudiantes que se integrasen a proyectos de investigación en compañía de sus profesores tendrían la oportunidad de participar de una experiencia real de investigación e innovación, lo que promoverá el interés en STEM (PCAST, 2012). Para ello, se hizo un llamamiento a las agencias para promover alianzas colaborativas y desarrollar los programas de investigación en instituciones académicas.

La designación presupuestaria que se realizó para promover la educación en STEM fue de entre 2.8 billones y 3.4 billones de dólares anualmente. Entre las agencias gubernamentales con mayor presupuesto estaban el Departamento de Educación, la Fundación Nacional para las Ciencias (NSF) y el Instituto Nacional de la Salud (NIH). Hasta el momento se pueden identificar un total de 105 programas de educación en STEM y 254 actividades subvencionadas con fondos de agencias que pertenecen al Gobierno Federal (Granovsky, 2018). El objetivo principal de esta financiación es desarrollar programas educativos desde niveles primarios hasta postgrados, con el

propósito de fomentar el interés en la educación en STEM (figura 12). Muchas de las estrategias que implementan las agencias de gobierno para alcanzar a los estudiantes ponen especial énfasis en proveer asistencia económica mediante el ofrecimiento de becas, internados y propuestas (Granovsky, 2018).

Figura 12

Subvención de iniciativas que promueven las experiencias en investigación



Nota. Figura tomada de Granovsky (2018)

Pese a que existen iniciativas cuyo objetivo es comenzar desde los niveles académicos primarios y secundarios, en esta investigación nos centraremos en la educación superior que trata

de promover la educación en STEM y, para ello, identificaremos una gran diversidad de ofertas y recursos.

La Academia Nacional para las Ciencias, Ingenierías y Medicina (2017) define como una *experiencia auténtica en STEM*, aquella en la que el estudiante participa de manera directa o indirecta con un profesional de STEM a través de actividades desarrolladas dentro o fuera del aula, con el propósito de conocer nuestro entorno. En el contexto específico de los estudiantes universitarios, hay cierto consenso de que esta Experiencia de Investigación (EI) a nivel de bachillerato es auténtica, siempre y cuando el alumno realice una labor similar a la que hace un investigador en STEM, y adquiera conocimientos y destrezas necesarias para desarrollar prácticas en STEM. También se presupone que, bajo la guía de un mentor o mentora, el estudiante se integre intelectualmente en actividades estructuradas que faciliten el descubrimiento, la innovación, la réplica de tareas o experimentos, el trabajo colaborativo y el sentido de pertenencia a un proyecto (The National Academies Press, 2017).

A la luz del análisis de la literatura, hemos observado que una EI debe cumplir con las siguientes características (The National Academies Press, 2017):

- Involucra al estudiante en prácticas de investigación que fomenta el argumento basado en evidencias.
- Enfatiza el descubrimiento, la innovación o determinación si los resultados preliminares y recientes se pueden replicar, a fin de generar nueva información.
- Enfocada en problemas relevantes y pertinentes a la comunidad científica, y en algunas circunstancias, con alcance comunitario.
- Centrada en el trabajo colaborativo.
- Incorpora la réplica de diseños experimentales, preguntas y datos.

- Permite que el estudiante adquiriera dominio de técnicas específicas de investigación.
- Facilita la reflexión respecto al problema que se investiga y los esfuerzos o acciones que se plantean como posibles soluciones.
- Requiere que los resultados se compartan mediante publicaciones o presentaciones.
- Están estructuradas y dirigidas por un mentor que logra que el estudiante desarrolle un sentido de pertenencia en el proyecto durante el tiempo que este dure.

La literatura documenta diversas formas a través de las cuales los estudiantes pueden exponerse a EI. Entre ellas destacan los cursos de investigación, los internados y los programas de prácticas supervisadas. El modelo que prevalece en el contexto de la educación en ciencias es el denominado “modelo de aprendiz”, en el que el facultativo actúa como mentor del estudiante (National Science Board, 2019). Como hemos mencionado en epígrafes anteriores, el informe de la Comisión Boyer (1998) fue de gran relevancia en la adopción del modelo de aprendiz como práctica de alto impacto con la que facilitar el desarrollo de destrezas y conocimientos en los estudiantes. Sin embargo, una revisión histórica de Zunpac (2012) documenta la incorporación del concepto de *mentoría* por parte de un facultativo, y el modelo del *aprendiz* en el contexto de las investigaciones a nivel de pregrado hace más de 200 años por parte de Wilhelm von Humboldt. De igual forma, el modelo Ideal Humboldtiano (“Humboldtian Ideal”) o modelo de aprendiz, se ha incorporado en las instituciones de educación superior como un acercamiento pedagógico que integra la enseñanza y la investigación (Kinkead, 2012). Bajo esta filosofía, en el año 1958, la NSF desarrolló el primer programa para promover la participación de los estudiantes de pregrado en investigaciones. En el año 1981, el programa se canceló, sin embargo, no fue hasta 1987 cuando se realizaron cambios para su nueva implementación que dio lugar al actual programa de NSF o “Experiencias de Investigación para pregraduados” (National Science Board, 2020).

En la actualidad, la implementación del modelo de aprendiz requiere que un pequeño grupo de estudiantes trabaje con un investigador o grupo pequeño de investigadores, técnicos, ingenieros, o matemáticos, en el diseño de una investigación o en la investigación de algún problema de relevancia, por lo general, fuera de clase (The National Academies Press, 2017). El objetivo es que durante el semestre académico el estudiante dedique entre 10 y 15 horas a la semana a dicha investigación, lo que equivale a una carga de trabajo a tiempo parcial en el laboratorio del facultativo. El rol o trabajo que se delegue en el alumno dependerá de las necesidades del laboratorio y de su preparación previa. Se espera que, durante el primer semestre, el estudiante adquiera las destrezas y conocimientos básicos, a fin de progresar y asumir responsabilidades más avanzadas que necesitará para desarrollar su propia investigación. La supervisión directa de los trabajos la realiza el profesor y, en algunas instancias, esta tarea se delega a un estudiante postdoctoral, estudiante graduado o un técnico de laboratorio. En otros casos, se utiliza el modelo de *mentoría entre pares*, en el cual un estudiante de pregrado y de mayor experiencia colabora con la supervisión directa de un estudiante con menor exposición a la tarea (The National Academies Press, 2017).

El estudiante puede participar de experiencias de investigación de manera autónoma para adquirir créditos equivalentes a una asignatura, o como parte de un programa de experiencias de investigación, del cual puede recibir una compensación económica. Trabajar durante el semestre no es la única forma de participar de experiencias de investigación, pues también existen otras posibilidades o experiencias de inmersión durante el verano, en la que el estudiante dedica el tiempo equivalente a una carga a tiempo completo al trabajo de investigación (Souvaine et al., 2020). Si el estudiante realiza experiencias de investigación bajo el auspicio de un programa, se espera que, sumado a una participación activa en la investigación, se involucre en actividades de

desarrollo profesional y en el proceso de diseminar resultados mediante la presentación de sus hallazgos en congresos o publicaciones en revistas científicas (The National Academies Press, 2017).

2.2. Beneficios para el alumnado que participa en experiencias de investigación

En la publicación del *Projecto Leap Project* (2017) se establece que los estudiantes que participan de EI tendrán tres principales resultados en su aprendizaje: ganancia intelectual y destrezas prácticas; responsabilidad personal y social; la participación en un aprendizaje aplicado e integrado. Por ello, las EI son excelentes oportunidades para transformar los ambientes académicos, ya que ofrecen experiencias de aprendizaje auténticas aplicadas a situaciones del mundo real. Las EI se consideran auténticas, porque el estudiante realiza el trabajo que un investigador en STEM suele hacer, y con el que se espera que participe del proceso de explorar, innovar, repetir y realizar el trabajo colaborativo, a la vez que aprende conocimientos y prácticas de la disciplina, explorando un tema de relevancia más allá del aula (The National Academies Press, 2017). Son múltiples los beneficios que los estudiantes adquieren como resultado de su participación en experiencias investigadoras. Al ser una experiencia práctica, las EI permiten al estudiante reafirmar sus intereses profesionales en STEM. Como muestra la figura 13, existen dos categorías que otorgan al alumnado los principales beneficios a nivel personal y profesional (The National Academies Press, 2017; Souvaine et al., 2020).

Figura 13

Ganancias a nivel personal y profesional de los estudiantes tras participar de EI



Si bien la demografía de los EE. UU. continúa en constante cambio, la población de estudiantes de las instituciones de educación superior también es diversa en muchos aspectos, tales como: grupos poco representados, primera generación, estudiantes a tiempo parcial, financieramente independientes o con familias. De esta manera, gran parte de las iniciativas de EI que ofrecen las instituciones académicas tienen como objetivo alcanzar a la población de estudiantes que históricamente muestran menos persistencia en las carreras de STEM, como son los grupos minoritarios, las mujeres y los estudiantes de primera generación. Según el informe del Consejo Nacional de Ciencias (2017), tras realizar una revisión del cuerpo de la literatura, se identificó que los estudios apoyan de manera significativa el impacto de las experiencias investigativas porque mejoran la retención de los estudiantes en STEM, ya que promueven el sentido de pertenencia, aumenta la confianza en el conocimiento que los estudiantes adquieren en

STEM, y les ayuda a desarrollar destrezas para analizar datos y conocer la naturaleza de realizar experimentos (Loppato, 2007).

Una de las principales ganancias de los EI en STEM es que ofrece al estudiantado la oportunidad de fortalecer su identidad como miembro de la comunidad científica en STEM y, consecuentemente, lo exponen a una gran variedad de alternativas profesionales. En esta dirección, algunos autores indican que las EI facilitan el desarrollo de un aprendizaje profundo, integral y conceptual, pues permite adquirir los conocimientos y competencias que un profesional en STEM debe tener (Auchincloss et al., 2014; Brownell and Kloser, 2015; Johri and Olds, 2011; Litzinger et al., 2011). De igual forma, se espera que el estudiante sea capaz de monitorear su proceso de aprendizaje, lo que promueve la habilidad de conocer, evaluar y controlar las actividades que realiza mediante procesos de metacognición. En su estudio, Litzinger (2011) aclara que para que un estudiante pueda integrar lo que aprende necesita conocer los conceptos básicos y poder utilizarlos como estructura para organizar su conocimiento. Puesto que las EI proveen una experiencia real de investigación, se espera promover en el estudiantado su integración en el campo profesional mediante la transferencia de conocimiento a escenarios prácticos en STEM. De igual forma, el trabajo colaborativo que se genera en los laboratorios facilita la creación de comunidades de aprendizaje, lo que proporciona un apoyo cognitivo y social (The National Academies Press, 2017).

La propia naturaleza de las EI requiere que el estudiante no solo conozca los conceptos, sino que sea capaz de aplicar dicho conocimiento, y que se pueda reflejar en el diseño y realización de experimentos, así como en la creación y prueba de nuevos productos o aplicaciones. De igual forma, el Consejo Nacional de Ciencias (2017) indica que durante una EI se estima que el estudiante pueda analizar e interpretar datos integrando evidencias para generar argumentos,

proveer soluciones a problemas y comunicar sus resultados a una audiencia. En esta dirección, el conocimiento que gana el estudiante se da en un contexto y escenario de investigación científica mediante la transferencia y aplicación. Esto último facilita un aprendizaje más profundo, puesto que los conceptos se integran a tareas, lo que permite entender su aplicabilidad y relevancia. Por lo general, los contextos en los que se promueven las EI potencian la colaboración y exponen a los estudiantes a trabajar en equipos diversos, a la vez que les permite pensar y reflexionar respecto a lo que realizan y aprenden. Por ello, las EI son oportunidades que facilitan procesos metacognitivos, integrando en los estudiantes experiencias para su vida personal y profesional, generando así en ellos una identidad profesional (The National Academies Press, 2017). El objetivo de un programa que promueve la experiencia investigativa debe sobrepasar la retención y persistencia de los estudiantes en STEM mediante el desarrollo de la comprensión conceptual de la disciplina. Debe aspirar a facilitar que se desarrollen habilidades de investigación y promover la alfabetización en STEM. Es decir, los programas que ofrecen EI deben tener como meta final que los estudiantes se conviertan en ciudadanos informados, consumidores de información en STEM y con capacidad de tomar decisiones informadas basadas en evidencias (The National Academies Press, 2017).

Como se presenta en la figura 14, las características y las formas en las que se pueden integrar las experiencias de investigación en la educación de los estudiantes son diversas. Se pueden iniciar permitiendo al estudiante que sea un observador del ambiente de investigación. En esta etapa se pueden ofrecer experiencias que le permitan comenzar a interactuar con las prácticas de la cultura específica del laboratorio. En este nivel, el estudiante desarrollará una integración intelectual mínima, pues la experiencia se limita a desarrollar destrezas de laboratorio básicas. Estas experiencias de “pre-investigación”, suelen ser iniciativas básicas que buscan despertar el

interés del estudiante y estimular su integración en actividades que faciliten su inmersión en una experiencia de investigación más profunda. Mediante los proyectos de investigación los estudiantes pueden desarrollar una integración intelectual moderada, ya que desarrollan destrezas técnicas de investigación como instrumentación y métodos, a la vez que se inician en el proceso de conocer los datos que recopilan. En la medida en que el estudiante participa de estas experiencias o programas de investigación, se desarrollan en ellos niveles cognitivos más elevados que facilitan el análisis de datos y el desarrollo de conclusiones de los resultados que se obtienen. Otra característica presente en los programas de investigación es que proveen oportunidades para que los estudiantes puedan compartir los resultados o los productos de su trabajo mediante presentaciones o publicaciones. Esta experiencia permite que el estudiante tenga que explicar los métodos que utiliza para responder a las preguntas de investigación en su área de estudio, lo que facilita un mayor aprendizaje y que desarrolle su identidad científica (Altman et al., 2019; The National Academies Press, 2017). Aunque el diagrama de la figura 14 presenta diferentes experiencias de investigación como etapas progresivas del estudiante en STEM, no existe un orden específico que deba seguirse. Es decir, un estudiante puede tener un primer acercamiento a la investigación al participar directamente en un programa de investigación, aunque este último se considere el nivel más alto de integración.

Llegados a este punto, es importante enfatizar que el contexto de la presente investigación se limita a experiencias de investigación que los estudiantes realizan bajo programas de investigación, dado que representan el mayor nivel de integración a una experiencia real que les facilita la alfabetización en STEM y su identidad científica.

Figura 14

Descripción de los diferentes modelos de integrar las EI en la Educación



Nota. Figura tomada de National Academies Press (2017)

2.3. Análisis de los objetivos generales de los programas que ofrecen experiencias de investigación

Las metas de los programas de investigación han evolucionado juntamente con los cambios y demandas sociales, de manera que cuantos más programas se desarrollen se incrementa la literatura en esta área. También se observa que, además de querer lograr la retención en carreras de STEM, los programas de investigación amplían el enfoque e integran en sus metas los resultados de los estudiantes a nivel de aprendizaje y destrezas blandas (Altman et al., 2019; Council, & Education, 2018; The National Academies Press, 2017).

Entre la gran diversidad de ofertas y metas de los diferentes programas de investigación, la Academia Nacional para las Ciencias (2017) ha resumido en 8 las metas comunes de estos programas subvencionados con fondos federales:

- apoyar y desarrollar la identidad del estudiante como investigador
- incrementar el conocimiento y el contenido en STEM
- desarrollar el sentido de pertenencia en STEM
- mejorar el entendimiento de las iniciativas de investigación
- promover habilidades que permitan integrar al ciudadano en su comunidad
- desarrollar destrezas y estrategias académicas
- incrementar el interés en STEM
- guiar en la toma de decisiones de cursos y carreras en STEM

Como producto del análisis exhaustivo que realizó la Academia Nacional para las Ciencias (2017), se han creado tres categorías que resumen los objetivos de los programas de investigación. Estas son (ver figura 15):

- 1) Incrementar la participación y retención en STEM, con el propósito de aumentar la fuerza laboral en estos campos.
- 2) Promover conocimiento y prácticas de las disciplinas STEM gracias a las EI auténticas, las cuales aportan al estudiante más conocimiento para hacer investigación y el proceso que conlleva. Teniendo en cuenta que la mayoría de las EI se ofrecen bajo un modelo de aprendiz, el contexto se presta a que los mentores muestren y compartan su manera de pensar, reflexionar, así como sus retos respecto al tema bajo estudio con sus estudiantes (Clement, 2009). Experiencias de los docentes que, en ocasiones, no suelen

ofrecer al dictar una clase de manera tradicional en el aula. De esta manera, las EI facilitan que el estudiante desarrolle destrezas en STEM y pueda realizar sus propias conjeturas, a la vez que perfecciona, rediseña o reconceptualiza las operaciones o pasos de su investigación (The National Academies Press, 2017). Existen tres elementos mínimos y necesarios para alcanzar este objetivo:

- a. comprender el conjunto de prácticas y saberes relacionados con el tema bajo estudio y cómo la pregunta de investigación encaja o aporta a la disciplina.
 - b. desarrollar destrezas.
 - c. entender cómo se desarrollan las investigaciones y se construye el conocimiento en la disciplina. Es decir, fomentar que la persona activamente busque darle sentido al nuevo conocimiento al conectarlo con experiencias y conocimiento previo (National Research Council, 2015).
- 3) Integrar afectivamente a los estudiantes en la cultura STEM. Algunos científicos argumentan que, como las EI ayudan a que el estudiante se integre a una investigación en STEM, la experiencia que adquieren puede proporcionarles claridad o confirmar sus pasos futuros en las carreras profesionales que elijan. Es así como algunos programas tienen como meta principal que los estudiantes continúen estudios graduados en STEM o se inserten en campos laborales del área (The National Academies Press, 2017). También, se espera que las EI fomenten la identidad en STEM y promuevan el sentido de autonomía e independencia de los participantes al tomar decisiones, al mismo tiempo que logran promover en los participantes que trabajen de forma colaborativa (National Research Council, 2015).

Cada programa que provee experiencias de investigación es particular, por ello, al diseñar un programa de investigación, el contexto social, institucional, así como la demografía de la población que será objetivo delimitarán las metas que se desean y puedan alcanzar. Si bien no siempre estarán presentes las metas de las tres categorías de la figura 15, puede suceder que una categoría o meta predomine sobre otras, pues todo dependerá de las particularidades de cada programa.

Figura 15

Metas de los programas de investigación en STEM

Incrementar participación y retención en STEM	Promover conocimiento y prácticas de las disciplinas STEM	Integrar los estudiantes en la cultura STEM
• Participación en cursos en STEM de estudiantes de otras disciplinas • Retención en STEM • Matriculación, graduación o grados completados • Confirmar o clarificar trayectoria profesional • Desarrollar alfabetización en STEM	• Aprender información del contenido • Desarrollar destrezas y técnicas • Entender conceptos y preguntas de investigación • Conocer la importancia de la iteración de procesos • Apremiar el valor del trabajo en equipo • Reflexionar sobre su propio trabajo • Utilizar prácticas de investigación de la disciplina ○ Hacer preguntas y definir problemas ○ Desarrollar y utilizar modelos ○ Planificar y realizar experimentos ○ Analizar e interpretar datos ○ Utilizar pensamiento matemático y computacional ○ Construir explicaciones y diseñar soluciones ○ Participar de discusiones basadas en evidencia ○ Buscar, evaluar y comunicar información	• Incrementar el interés en el ámbito de STEM • Promover la independencia y desarrollar identidad en STEM • Incrementar sentido de propiedad de su proyecto de investigación • Estar inmerso en la cultura STEM o socializar con la comunidad de su área • Mostrar compromiso por la disciplina o materia • Actuar profesionalmente • Realizar trabajos de forma colaborativa como miembro de un equipo • Desarrollar sentido de pertenencia e inclusión • Reconocer y superar desafíos por estereotipos

Nota. Extraído de The National Academies Press (2017)

En relación al diseño de un programa que aporte experiencias de investigación, la Academia Nacional para las Ciencias (2017) recomienda considerar cuatro principios. Estos son:

1. Hacer que las investigaciones en STEM sean accesibles y relevantes. Para ello es importante enfocarse en problemas significativos, relevantes y de interés para los profesionales en STEM y, a ser posible, extender el alcance de relevancia a la comunidad. Además, es importante permitir que los estudiantes dominen técnicas específicas y entiendan el proceso de diseño y realización de una investigación.
2. Promover autonomía. Para ello, el mentor debe proveer una guía estructurada, a la vez que genere espacios que faciliten al estudiante tomar decisiones, incorporar en sus prácticas de investigación la argumentación basada en evidencias, y desarrollar un sentido de propiedad sobre su trabajo de investigación.
3. Fomentar que los estudiantes aprendan unos de otros. Es de vital importancia destacar el trabajo colaborativo en equipo, por lo que se requerirá que los estudiantes comuniquen sus resultados mediante presentaciones o publicaciones en diversos medios en STEM.
4. Visibilizar el proceso de pensar. Se pretende ayudar a los estudiantes a reflexionar sobre el conocimiento que tienen del problema bajo investigación, y el trabajo que deben realizar para buscar soluciones.

Bajo la consideración de las bases que establece la Academia Nacional para las Ciencias (2017), observamos que una experiencia de investigación auténtica integra las tres principales metas, alineadas con un diseño basado en los cuatro principios citados para así generar un ambiente que fomente experiencias de aprendizaje robustas y faciliten la alfabetización en STEM. Por lo tanto, el marco conceptual que sustenta las experiencias de investigación requiere que el estudiante haga más que saber el concepto o comprenderlo. Se espera que se apropie de su conocimiento y

reconozca su potencial para contribuir a su disciplina. Si bien existe una heterogeneidad en los programas de investigación, todos tienen como elemento común: proveer experiencias educativas transformadoras en STEM.

Capítulo III. Investigaciones y evaluaciones de la educación en STEM

En este capítulo analizaremos los diferentes estudios que documentan los beneficios y resultados que obtienen los estudiantes que participan de experiencias de investigación. Gran parte de la información hace referencia a la retención y a las tasas de graduación de los participantes en las carreras de STEM, ya que este tema suele estar asociado con los orígenes de las EI, pues en sus inicios estos programas se enfocaban en promover la participación de los estudiantes en STEM. Otras investigaciones se enfocan en recabar evidencias para apoyar los beneficios que los estudiantes obtienen durante las prácticas y al integrarse en la cultura de STEM. Por todo ello, en este capítulo analizaremos diferentes evidencias que estarán englobadas en tres categorías: 1) la retención y participación en STEM; 2) la promoción de las prácticas y saberes de las disciplinas en STEM; y 3) la integración de los estudiantes en la cultura de STEM.

3.1. Evidencias relacionadas con la retención y participación en STEM

Gran parte de las publicaciones que hacen referencia a los resultados de los programas de investigación en STEM destacan la importancia de la participación, retención y perseverancia de los estudiantes. La mayoría de los datos que se recopilan como indicadores de logros provienen de información institucional, lo que facilita su acceso y publicación. Por su parte, recopilar datos sobre el estatus de los estudiantes una vez se gradúan es todo un desafío para los directores y evaluadores de los programas. Por ejemplo, poder identificar si un participante continúa estudios graduados o ingresa a trabajar en campos relacionados con STEM, depende de que el estudiante mantenga la comunicación con el proyecto o que complete cuestionarios de salida o seguimiento al terminar su graduación.

Uno de los pocos estudios donde se aplica una selección aleatoria de participantes es el de Nagda (1998), donde se analiza la asociación entre participar de un EI y la retención. Los resultados de su estudio demuestran que los estudiantes que solicitaron y fueron aceptados en el programa de investigación tuvieron una mayor retención en carreras de STEM que aquellos otros que no fueron seleccionados. Los resultados muestran diferencias por grupo racial o étnico, siendo más fuerte y significativa entre los estudiantes afroamericanos a diferencia de otras razas, como la asiática o la hispana. Aunque en este último caso, si bien los estudiantes hispanos tuvieron una retención mayor, no fue significativa comparada con el grupo control.

Por su parte, en el estudio de Craney (2011) se evidencia que la participación en EI está correlacionada con la reducción del tiempo que puede llevar completar el bachillerato. Mediante el análisis de transcripciones académicas, identificaron que el 98.5% de los estudiantes que participaron de una EI durante el verano llegaron a completar el bachillerato en cinco años, mientras que solo finalizan el bachillerato en el mismo tiempo el 82% de aquellos estudiantes que no participan de una EI. Otras investigaciones, como las de Chemers (2011), Jones (2010) y Schultz (2011), ofrecen importantes resultados sobre estudiantes que históricamente están menos representados en STEM (URM, por sus siglas en inglés). Con diseños cuasi experimentales y empleando técnicas para el modelaje estadístico, Chemers, Jones y Schultz aportan evidencias que apoyan el planteamiento de que las EI están correlacionadas con una mayor probabilidad de completar el grado y el interés por carreras en STEM. Concretamente el estudio de Schultz (2011), muestra que los estudiantes que participan en diferentes modalidades de EI en ciencias (durante sus clases, trabajando de manera independiente con un profesor mentor o en su trabajo), y que no están matriculados en programas curriculares centrados en ciencias, muestran más interés por

carreras de ciencias que aquellos otros estudiantes que no participan de las EI y que participan en programas en ciencias que no ofrecen experiencias prácticas de investigación.

Chang (2014) analizaba en su estudio que los estudiantes que se consideran menos representados y que participan en programas de EI tienen un 17.4% más de probabilidades de continuar estudiando carreras de STEM. De igual forma, en el estudio de Jones (2010), los estudiantes que históricamente están menos representados en STEM (URM), matriculados en Biología y que participan de una EI, especialmente durante los primeros dos años de estudios, muestran mejores niveles de ejecución académica y una mayor retención en la carrera, a diferencia de aquellos estudiantes que no participan de EI. Concretamente, en el caso de los estudiantes hispanos y afroamericanos que participan de EI, estos tienen una mayor probabilidad de completar el grado en Biología si los comparamos con aquellos estudiantes de similar grupo racial o étnico que no participan en EI.

De forma similar, los estudios de Villarejo y Barlow (2004, 2007) muestran que los estudiantes URM (aquellos que están menos representados en STEM) que participan de un programa de investigación en Biología, son más propensos a graduarse con una concentración en Biología que los estudiantes que no participan del programa. Estos resultados sugieren que participar de experiencias en investigación contribuye a la perseverancia de los estudiantes a acabar sus estudios

Los programas *Minority Access to Research Careers* (MARC) y *Undergraduate Student Training in Academic Research* (U-STAR) tienen como objetivo ayudar a los estudiantes que tienen interés por completar un grado doctoral en ciencias biomédicas, y a que finalicen de forma exitosa sus últimos dos años de bachillerato. En su estudio, Carter (2009) señala que aquellos estudiantes que participan en experiencias estructuradas e intensas, como el programa MARC o

U-STAR, o bien colaboran durante más de tres semestres en un curso de investigación, tienen mayor probabilidad de matricularse en un programa doctoral en STEM después de graduarse, en comparación con aquellos estudiantes que no participan de las actividades citadas.

En el estudio de Eagan (2013) se analizan las aspiraciones futuras de un grupo de estudiantes tras participar en un programa de investigación, y las aspiraciones de aquellos otros que no realizaron investigaciones. Los resultados mostraron que los estudiantes que participan de un programa de investigación bajo un modelo de aprendiz tienen mayores aspiraciones por continuar estudios graduados. De igual manera, el estudio de Rusell (2007) mostró que el 68% de los estudiantes ($n=4.500$) que participan en programas de investigación saben qué esperar de la escuela graduada y aumenta sus intereses en continuar estudios doctorales. Hunter (2007), Sabatini (1997) y Seymour (2004) han evidenciado que los estudiantes que participan de EI se sienten mejor preparados para continuar estudios graduados y carreras en STEM. Otros estudios indican que los estudiantes que deciden participar de EI para conocer más del proceso de investigación y conocer si la escuela graduada es el camino adecuado para ellos, suele ayudarles a confirmar y clarificar sus metas profesionales y académicas (Gonzalez-Espada and LaDue, 2006; Hunter et al., 2007; Lopatto, 2004; Pacific and Thompson, 2011; Seymour et al., 2004). A partir de lo expuesto hasta el momento, el desarrollo del dominio en las destrezas que requiere la disciplina en práctica puede tener un efecto predictor en la eficacia de los estudiantes, así como de sus aspiraciones para continuar sus estudios graduados (Adedokun, Bessenbacher, Parker, Kirkham, & Burgess, 2013). Rasgos de la personalidad tales como la curiosidad intelectual, el deseo de autonomía e independencia y la capacidad de aceptar la incertidumbre en su trayectoria profesional, pueden ser predictores referentes para que los estudiantes continúen sus estudios doctorales en STEM (McGee and Keller, 2007).

El vínculo que se genera entre el estudiante y su mentor es otro factor que promueve la retención de los estudiantes en STEM. Concretamente, los estudiantes que desarrollan una relación cercana con su mentor expresan que este vínculo fue de gran ayuda para confirmar su deseo de continuar estudios a nivel graduado. Estrechar lazos entre el mentor y el mentorizado ayuda a los estudiantes a clarificar los campos o áreas de interés para elegir sus estudios graduados (Laursen, Hunter, Seymour, Thiry & Melton, 2010). Inclusive, los estudiantes que participan de experiencias de investigación tienen mayor probabilidad de ir a una escuela graduada destacando que un facultativo fue la persona que influyó en su selección profesional (Zydney, 2002).

Junge (2010) mostró en su estudio que los alumnos que participan del programa de investigación en biociencias de la Universidad de Emory, tienen una probabilidad hasta tres veces mayor de continuar un doctorado, a diferencia de los estudiantes que no participaron en este programa. Bauer y Bennett (2003) también evidenciaron que los estudiantes que participan de EI, guiados por un programa formal de investigación, tienen mayores tasas de entrada a escuelas graduadas que aquellos que realizan investigaciones de manera independiente. En conclusión, los estudiantes que participan de EI toman decisiones respecto a su futuro de manera informada y consciente (Bauer and Bennett, 2003; Russell et al., 2007; Eagan et al. 2013).

Una de las principales limitaciones de este tipo de investigaciones retrospectivas es que carecen de información base respecto a las variables de motivación e interés por parte de los estudiantes por continuar en una escuela graduada. La mayoría de los estudios no recopilan las aspiraciones iniciales de los estudiantes para poder identificar si el interés que presentan por continuar estudios graduados en STEM ha cambiado como resultado de participar de un programa que ofrece EI (The National Academies Press, 2017). Por tanto, las evidencias muestran una relación correlacional y no una relación causal. De igual forma, se puede establecer un espacio

para debatir un posible sesgo de selección, puesto que en muchos programas los estudiantes deben mostrar un interés previo a ser seleccionados como participantes y poder realizar investigaciones. En esta dirección, el estudio de Russell (2007) menciona que solo el 19% de los participantes de un programa de investigación tiene expectativas en alcanzar un doctorado en STEM y que, como hemos mencionado, estos resultados pudieran sustentar el sesgo de selección inherente a los programas de investigación.

3.2. Evidencias relacionadas con la promoción de las prácticas y saberes de las disciplinas en STEM

Participar de experiencias de investigación permite a los estudiantes no solo aprender el contenido de su disciplina de forma magistral, sino que les ofrece la oportunidad de participar de prácticas transversales en todas las materias en STEM, como son: analizar e interpretar datos, identificar los próximos pasos en un experimento, e identificar limitaciones que puedan ser áreas a desarrollar en futuras investigaciones (The National Academies Press, 2017). Varios estudios sustentan los beneficios que los estudiantes han evidenciado después de participar de una EI durante el verano. Entre ellas destacan: el conocimiento de contenidos, la capacidad de relacionar el tema bajo estudio con otros más amplios dentro del área de estudio y una mejor comprensión del contexto de sus proyectos de investigación (Craney et al., 2011; Kardash, 2000). De igual forma, los resultados del estudio de Loppato (2007) reiteran los beneficios que los estudiantes muestran en relación con el aprendizaje a través de un proceso de investigación, resolución de problemas científicos y empleo de técnicas de laboratorio. En esta dirección, los resultados del estudio de Russell (2007) muestran que los estudiantes que participan de EI, ya sea que las EI se realicen bajo el apoyo de un programa de investigación o de manera independiente, aportan un

mayor aprendizaje sobre diseños de investigación, que aquellos estudiantes que no participan de ellas. En su estudio, Thiry (2011) realizó una serie de entrevistas para conocer los beneficios que obtienen los estudiantes que participan de un programa de investigación bajo un modelo de aprendizaje y alumnos que participan de cursos en STEM, así como de actividades extracurriculares como experiencias para el desarrollo profesional. Los resultados reflejan que los estudiantes que participan de EI desarrollan un conocimiento más profundo del proceso de investigación y de la naturaleza del conocimiento en STEM, a diferencia de aquellos que no realizan ningún tipo de investigación.

El desarrollo de destrezas que promueven el pensamiento científico es otro de los resultados que apoya la literatura. Los expertos indican que las EI ayudan a los estudiantes a desarrollar el pensamiento científico sobre problemas, promueven un conocimiento general de la naturaleza del problema que investigan y les permite conocer cómo se generan, debaten y evalúan los saberes que se adscriben a su disciplina (The National Academies Press, 2017). Más concretamente, los estudios de Cartrette y Melro-Lehrman (2012), Ryder (1999) y Thompson (2016), mediante una metodología etnográfica en la que incorporan entrevistas, cuestionarios, observación y diarios reflexivos, concluyen que participar de EI provee de madurez respecto a las creencias que tienen los estudiantes sobre la ciencia. De igual forma, desarrolla en el alumnado un conocimiento más crítico, circunscribiéndose a un rol en el que desarrollan preguntas de investigación, integran un acercamiento científico con el que buscan soluciones a problemas y reconocen la relevancia de practicar ciencia en colaboración con otros. Sin embargo, una de las principales limitaciones de estos estudios es la ausencia de un grupo con el que realizar comparaciones.

Respecto al desarrollo de destrezas y conocimiento técnico en STEM, las EI son un vehículo para que los estudiantes puedan aplicar el aprendizaje. La literatura muestra que las EI promueven las destrezas técnicas necesarias para trabajar en laboratorios, así como el pensamiento crítico, el trabajo en equipo y las destrezas de comunicación (The National Academies Press, 2017). Los estudios de Craney (2011) y Junge (2010) muestran que los estudiantes que participan de un programa de investigación bajo el modelo de aprendiz desarrollan de manera significativa destrezas de comunicación. Craney (2011) destacó que los estudiantes negros y latinos obtienen mayores beneficios en cuanto a destrezas de comunicación en comparación con el resto de estudiantes. En su estudio, Kardash (2000) documenta que los estudiantes obtienen mayores destrezas de comunicación oral en comparación con las destrezas de comunicación escrita.

3.3. Evidencias relacionadas con la integración de los estudiantes en la cultura de STEM

Se espera que los programas que promueven las experiencias de investigación logren desarrollar un sentido de pertenencia en los estudiantes, a fin de alcanzar su integración en la cultura de STEM. En esta dirección, Estrada (2011) realizó un estudio con 1050 estudiantes que pertenecían a grupos raciales y étnicos pocos representados en las ciencias a nivel nacional en EE.UU. Los resultados indicaron que las variables de autoeficacia científica, identidad científica y la valoración de objetivos científicos estaban correlacionados de manera positiva con la integración de los participantes en el sistema de STEM, así como sus intenciones de continuar carreras científicas. Dicho estudio también indica que la integración científica de los estudiantes de pregrado está relacionada con la identidad, al realizar posteriormente investigaciones y al solicitar una escuela graduada. Los resultados de Estrada (2011) son similares a los de Lent (2007)

respecto de la relación significativa que existe entre la autoeficacia y los planes que tienen los estudiantes de continuar carreras en STEM.

En el estudio de Chemers (2011) en el que participaron 327 estudiantes que aún no estaban graduados y 338 estudiantes graduados, se analizaron los efectos que tienen las experiencias de apoyo en ciencia (EI, mentoría y participación comunitaria) sobre variables psicológicas (autoeficacia científica, liderazgo, autoeficacia para el trabajo en equipo e identidad científica), y el compromiso para continuar en carreras en ciencias. Los resultados evidenciaron que en los estudiantes no graduados existe una fuerte relación entre la autoeficacia científica, su EI y la mentoría. Esto sugiere que los alumnos y alumnas que muestran mayor confianza en su capacidad de ejercer funciones como científicos (autoeficacia científica) se involucran más en actividades profesionales en ciencia (EI) y participan de mentorías. De igual forma, aquellos que muestran mayor identidad científica tienen un mayor interés por trabajar como investigadores científicos, mostrando un gran interés en STEM.

Otra forma de facilitar la integración de los estudiantes en los procesos sociales y culturales de las prácticas en STEM, es promover el desarrollo de identidad científica al proporcionar oportunidades de mentoría y participar de actividades que fomenten la colaboración, argumentación y revisión entre pares (The National Academies Press, 2017). Un grupo de estudios cualitativos muestran que las EI, bajo el modelo de aprendiz permiten que el investigador sirva de ejemplo para los estudiantes, facilitando, mediante el trabajo en el laboratorio, que los participantes se integren en una comunidad. Mediante este proceso de integración, los estudiantes aprenden hábitos, valores, normas y las prácticas de los investigadores y mentores (Dolan and Johnson, 2010; Hunter et al., 2007; John and Creighton, 2012; Laursen et al., 2010; Thiry and Laursen, 2011). En el estudio de Carter (2016), se examinó el impacto que tuvieron las EI en 5.126

estudiantes de ingeniería, más concretamente en destrezas de comunicación, trabajo en equipo y liderazgo. Tras ajustar los valores de tendencias, no encontró efecto significativo respecto al trabajo en equipo y las destrezas de liderazgo. Sin embargo, observaron que participar de EI puede predecir de forma significativa destrezas de comunicación.

Las investigaciones con mujeres y URM (estudiantes que históricamente están menos representados en STEM), muestran que participar en programas en investigación ayuda a desarrollar el sentido de pertenencia e inclusión en instituciones académicas grandes, así como en el ambiente académico en STEM (The National Academies Press, 2017). El sentido de pertenencia influye en la manera en que los estudiantes se integran a la comunidad académica y, por tanto, afecta a su interés (Hausmann et al., 2007). Hurtado (1998) mostró en su estudio que participar de un programa de investigación contrarresta el efecto de exclusión que puedan sentir los estudiantes que son URM. Por su parte, en el Woodcock (2012) evidenció cómo la participación en programas que promueven experiencias de investigación, como RISE y MARC, influyen de alguna manera que logran amortiguar las amenazas de estereotipos que puedan sentir los estudiantes URM.

Entre las limitaciones que se encuentran en la literatura, y que hemos citado en este apartado, destaca la naturaleza retrospectiva de los estudios, lo que dificulta recabar información básica. Realizar investigaciones que permitan evaluar el impacto de los programas que ofrecen EI a gran escala representa un reto metodológico y, por ello, resulta casi imposible diseñar estudios experimentales. De igual manera, razones éticas e implicaciones que se asocian con la logística operacional de los programas, imposibilitan la asignación aleatoria de los estudiantes a un programa de investigación. Muchas de las comparaciones que se realizan entre estudiantes que participan de EI y, aquellos que no, limitan la generalización de los resultados, pues en ocasiones no se controlan variables que hacen que estos dos grupos se consideren como no comparables

(Eagan et al., 2013). Finalmente, destacamos que en gran parte de la literatura se abordan investigaciones cuyas experiencias de investigación se limitan a un ambiente de trabajo en laboratorio, por lo que existe una escasez de estudios en otros campos de STEM, como, por ejemplo, las matemáticas.

SEGUNDA PARTE: ESTUDIO EMPÍRICO

Capítulo IV. Método

En el presente capítulo se expondrán todos aquellos elementos relacionados con la metodología de investigación, así como el diseño empleado para indagar en el fenómeno de interés. Se aborda el procedimiento que se llevó a cabo para su realización y se responderá al propósito de esta investigación. De igual forma, se expondrán las características de los participantes bajo estudio, cómo se recopiló la información y los aspectos éticos que se tuvieron en cuenta durante toda la investigación. El capítulo está dividido en 11 apartados: antecedentes del problema, justificación y contextualización del problema, preguntas de investigación, definiciones operacionales de las variables, tipo y enfoque de la investigación, diseño de investigación, población y muestra bajo estudio, técnicas e instrumentos para la recopilación de los datos, recogida de los datos y los aspectos éticos de la investigación.

4.1. Antecedentes del problema bajo estudio

Si bien es cierto que, previamente a la pandemia, se atisbaban importantes cambios como consecuencia de los adelantos tecnológicos, del cambio climático y demográfico, entre otros tantos, la situación vivida como consecuencia del COVID-19 y las medidas de distanciamiento social ha generado nuevas realidades (CEDEFOP/OECD, 2021). Inevitablemente, la crisis sanitaria, combinada con la fragilidad de las estructuras gubernamentales, ha desencadenado una inestabilidad social y económica a nivel mundial. Por ello, atender a las necesidades actuales requiere de una transformación profunda de las políticas públicas. Las recientes experiencias asociadas al COVID-19, han puesto en evidencia la importancia de disponer de un sistema educativo capaz de responder con agilidad a los cambios y presiones sociales para repensar y reflexionar acerca de las actuales prácticas educativas, y analizar si la educación actual responde a las demandas de nuevas e inesperadas realidades.

Con una simple mirada al contexto mundial actual, se puede observar un claro y vertiginoso adelanto tecnológico en el que la digitalización, automatización e inteligencia artificial han alterado nuestra interacción social, así como el mercado laboral y económico (CEDEFOP/OECD, 2021). Estos cambios han llegado a propiciar transformaciones en aquellas destrezas que los ciudadanos deberían desarrollar para poder insertarse de forma eficiente en una sociedad en constante cambio (Casner-Lotto, Jill; Barrington, 2006; CEDEFOP/OECD, 2021; Finley, 2020). En esta dirección podemos destacar cómo las tendencias tecnológicas no sólo están produciendo cambios laborales que requieren repensar la educación, sino que implican el fomento de experiencias que promuevan el desarrollo de destrezas y que faciliten la integración de las personas en el ámbito laboral. Por ejemplo, el aumento de contratos por encargos de corta duración, que no requieren de una exclusividad de servicios a la empresa, se está haciendo cada

vez más común. La contratación de profesionales bajo el nombre *gig economy*, está siendo el vehículo propulsor de un entorno laboral donde se realizan trabajos como autónomos o *freelancers*. Bajo el concepto de *gig economy*, los trabajadores utilizan las plataformas digitales para facilitar la comunicación online y el teletrabajo, fomentando así el trabajo por cuenta propia. Ante esta realidad, el trabajador no solo debe poseer las destrezas propias de su profesión, sino que ha de saber desarrollar otras para ser autónomo (CEDEFOP/OECD, 2021).

Un aspecto relevante de nuestro contexto social son los cambios demográficos a los que muchos países se enfrentan a diario como consecuencia de las grandes diferencias económicas entre países. En esta dirección, en el simposio de París, la CEDEFOP (2021) destacó el reto de fomentar una educación que hiciera especial énfasis en la formación profesional y el autoempleo, como consecuencia del envejecimiento de la población en muchos de los países de la OECD y la Unión Europea, donde hay tendencia clara al incremento de la fuerza laboral de personas de más de 65 años. En los países que pertenecían a la OECD en 1980, el promedio del grupo poblacional formado por personas de 65 años o más era del 20% del total de la fuerza laboral. Para el año 2015, este grupo lo conformaba el 28% y se espera que para el año 2050 represente el 53% del total de los trabajadores (OECD, 2017). Según datos del censo de EE.UU. se espera un descenso significativo del crecimiento económico, similar al de la Gran Depresión, que fue de un 7% (United State Census Bureau, 2021). Por ello, hay una importante necesidad de desarrollar otro tipo de destrezas en los ciudadanos que fomenten una educación permanente y específica de la situación que se espera vivir.

De forma paralela al envejecimiento poblacional, se observa también un incremento en la migración de personas, lo que propicia la diversidad social y cultural en los países donde van a vivir este grupo de personas. En un reciente informe de la CEDEFOP (2021), se destaca el rápido

incremento en la proporción de jóvenes de origen inmigrante en Europa. En otro informe, en este caso de la OECD (2017), en los países representados por este organismo, el 23% de los estudiantes mayores de 15 años son de origen inmigrante. En países como Australia, Canadá, Irlanda y Suiza, uno de cada tres jóvenes es primera o segunda generación de inmigrantes. En el caso de los EE.UU., según el censo del año 2020, esa diversidad racial y étnica de la población actual se refleja con una reducción de aproximadamente un 6% de la población de adultos blancos (pasando de un 63% en 2010 a un 57.3% en 2020). Analizando con detalle el índice de diversidad (que es la probabilidad de que dos personas seleccionadas aleatoriamente de la población de EE.UU. pertenezcan a diferentes grupos raciales y étnicos), se observaba un incremento de un 54.9% en 2010, llegando a un 61.1% en 2020 (United State Census Bureau, 2021).

Ante estos cambios, Dieter Euler (experto en educación y negocios de la University St. Gallen), en el simposio de París de la CEDEFOP (2021), resaltó la necesidad de establecer una educación que permita una convergencia entre la educación y las demandas del mercado laboral. Asimismo, indicó que la educación actual debe enfatizar el pensamiento crítico, la solución de problemas, la creatividad y el emprendimiento en ambientes de aprendizaje que reflejen o se asimilen a la realidad laboral. Por ello, se resalta la importancia de crear programas a nivel europeo que fomenten el desarrollo de conocimientos y destrezas prácticas en reconocimiento del valor de integrar paradigmas que apuntalen la interseccionalidad (categorías por sexo, etnia, género, clase y orientación social, entre otras) de la educación (CEDEFOP, 2021).

4.2. Justificación y contextualización del problema

4.2.1. *Habilidades desarrolladas en estudiantes formados en STEM*

A fin de poner en contexto la importancia de la educación en STEM, así como la relevancia de los programas que ofrecen experiencias de investigación en STEM a los estudiantes, es relevante profundizar en los cambios del mercado laboral para así sustentar las necesidades de transformación educativa de los jóvenes. En el año 2006, el consorcio entre las organizaciones *The Conference Board*, *Corporate Voices for Working Families*, *Partnership for 21st Century Skills*, y *el Society for Human Resource Management*, realizaron un estudio en el que encuestaron a más de 400 trabajadores. Entre los resultados recabados, se destacó que los empresarios esperaban que los recién graduados que ingresan al ámbito laboral poseyeran una combinación de conocimientos básicos y de destrezas aplicadas, aunque claramente prevaleció el dominio de destrezas sobre los conocimientos. En el contexto de este estudio que hemos tomado de referencia, se definen las destrezas aplicadas como aquellas habilidades que facilitan la integración del recién graduado al mundo laboral. Entre las principales destrezas que los empresarios resaltaron como necesarias en los recién graduados se destacan: el pensamiento crítico, la solución de problemas, así como la comunicación oral y escrita y trabajo en equipo (Casner-Lotto, Jill; Barrington, 2006). En la tabla 7 se puede observar de forma porcentual qué importancia dieron los empresarios a las diferentes habilidades que esperan de los recién graduados al ser contratados.

Tabla 7

Valor que se otorga a diferentes destrezas al reclutar trabajadores recién graduados

Destrezas	Porcentaje de importancia
Comunicación oral	95.4%
Trabajo en equipo o colaborativo	94.4%
Profesionalismo/ ética en el trabajo	93.8%
Comunicación escrita	93.1%
Pensamiento crítico y solución de conflictos	92.1%
Escritura en inglés	89.7%
Dominio lenguaje inglés	88%
Compresión lectora	87%

Nota. Extraído de Casner-Lotto, Jill; Barrington (2006)

La Asociación Estadounidense de Colegios Universitarios y Universidades Estatales de los EE. UU. (AAC&U, por sus siglas en inglés), realizó, en el año 2020, un estudio en el que se analizaron las habilidades y aprendizajes que los estudiantes recién graduados debían poseer de forma previa a su ingreso en el ámbito laboral. Los resultados del estudio indicaron que el trabajo en equipo, el pensamiento crítico, el análisis y la interpretación de datos, la capacidad de aplicar el conocimiento a situaciones reales y la alfabetización digital eran las habilidades que los estudiantes universitarios debían haber desarrollado para poder integrarse laboralmente de forma exitosa (Finley, 2020). De este estudio podemos destacar que más del 60% de los empresarios encuestados identificaron como muy importante que los estudiantes posean aptitudes como ética del trabajo, iniciativa, autoconfianza y persistencia. Los resultados del estudio de la AAC&U (2020) ponen en evidencia el desfase entre la preparación que tienen los estudiantes recién graduados y las expectativas de los empresarios. Como se presenta en la tabla 8, la mayor diferencia se observa en las habilidades de pensamiento crítico, la aplicación del conocimiento o

destrezas adquiridas para desenvolverse en situaciones reales, el análisis e interpretación de datos y la solución de problemas complejos.

Tabla 8

Valor porcentual de los empresarios a las destrezas de recién graduados

Destrezas	Porcentaje de empresarios que valoró como “muy importante” las destrezas	Porcentaje de empresarios que valoraron como “muy bien preparados” en las destrezas de los recién graduados	Diferencia entre la importancia de las destrezas y la preparación que presentan los recién graduados
Trabajo en equipo	62%	48%	14%
Pensamiento crítico	60%	39%	21%
Análisis e interpretación de datos	57%	41%	16%
Aplicar el conocimiento o destrezas adquirido a situaciones reales	56%	39%	17%
Alfabetización digital	55%	49%	6%
Comunicación escrita efectiva	54%	44%	10%
Juicio y razonamiento ético	54%	41%	13%
Solución de problemas complejos	54%	39%	15%

Nota. Extraído de Finley (2020)

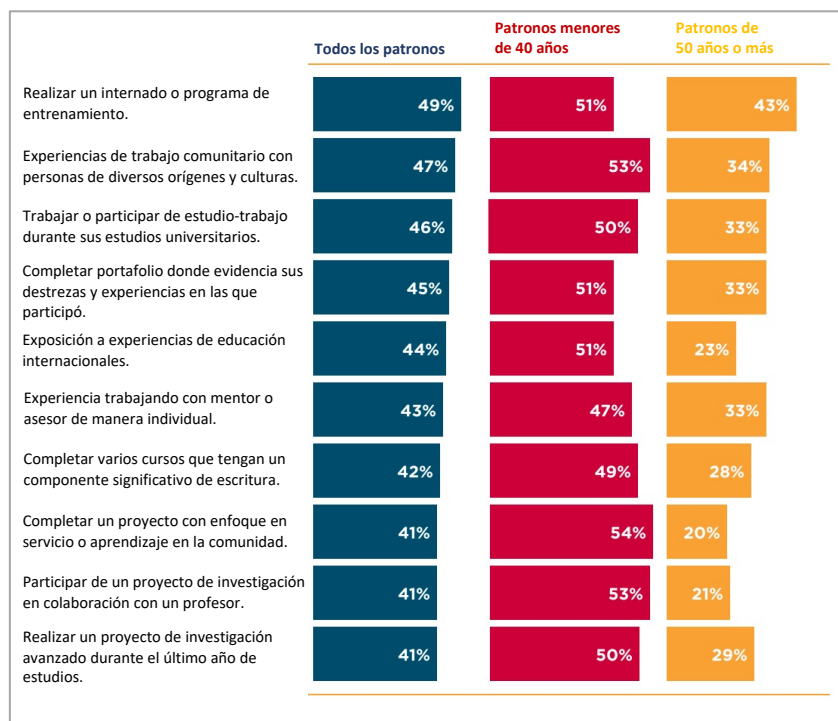
En el anterior estudio de la AAC&U (Finley, 2020), también pudo evidenciarse la importancia que dan los empresarios a aquellas actividades que realizaron los estudiantes durante sus estudios y que implican un aprendizaje significativo. Por ejemplo, para aquellos trabajadores cuyo rango de edad era inferior a los 40 años, los empresarios otorgaron un valor significativamente mayor si estos han tenido experiencias como la realización de proyectos con un enfoque de aprendizaje y servicios a la comunidad, han participado en proyectos de investigación

conjuntamente con un profesor o bien han participado en experiencias de alcance comunitario con población diversa (ver figura 16).

Estos datos sustentan la importancia de proveer experiencias de aprendizaje significativo que permitan a los estudiantes integrar y trasladar los conocimientos que adquieren mediante la educación formal, para así ofrecer soluciones a problemas en situaciones reales. Se trata de que las instituciones de educación superior provean los mecanismos necesarios para que sus estudiantes apliquen de forma práctica los saberes que adquieren. En esta dirección, los programas que ofrecen oportunidades de investigación a los estudiantes en STEM cumplen con el objetivo de ser una experiencia de aprendizaje significativo que, como ya hemos comentado, es muy valorado por los empresarios.

Figura 16

Qué tienen cuenta los empresarios al reclutar estudiantes recién graduados



Nota: Figura tomada de Finley (2020)

Para fortalecer la fuerza laboral de los EE.UU., la Casa Blanca emitió un comunicado en el que la administración del Presidente Biden trazaba un plan para superar el rezago de la nación con respecto a otros países en términos de investigación, desarrollo, producción y formación de la población para los trabajos del futuro (White House, 2021). La actual “Era de la digitalización y del crecimiento de economías emergentes” es producto de la inversión en innovación, investigación, comercialización y cadenas de producción, entre otras, por ello, el Presidente Biden instó al Congreso de los EE.UU. a invertir en esas áreas, así como en el desarrollo de nuevas tecnologías. Ante la estrecha relación entre el desarrollo en innovación y tecnología I+D y el sector educativo, la ODCE exhorta a los gobiernos a que mantengan y provean recursos a las universidades, sus investigaciones y laboratorios. En EE. UU., el presidente Biden solicitó al Congreso que asignara una cantidad de 180 billones de dólares en inversión que permita actualizar las infraestructuras en investigación de todo el país. Dentro de esta partida presupuestaria, 50 billones de dólares se destinarán a la Fundación Nacional de Ciencias de los EE.UU. para apoyar programas de investigación en STEM y 40 billones se invertirán en infraestructuras y programas en instituciones académicas cuya principal población son estudiantes históricamente menos representados (White House, 2021). Esta designación presupuestaria, con la que se pretende fomentar programas educativos y de investigación en STEM y apoyar la I+D, es una muestra de la importancia que tienen los campos académicos y laborales, gracias a ellos se pueden generar importantes descubrimientos científicos e innovadores que atiendan problemas sociales, a la vez que se fomenta el crecimiento económico de las naciones (OECD, 2021). Teniendo en cuenta que los adelantos tecnológicos están en constante cambio, el momento social que vivimos requiere de una educación que, junto a promover conocimientos básicos, facilite el desarrollo de destrezas

blandas, así como de habilidades afectivas que fomenten la integración de los estudiantes al ámbito laboral (National Science & Technology Council, 2018; Unesco, 2015).

4.2.2. La educación de las minorías étnicas en STEM. El caso de los hispanos

Como hemos tratado de evidenciar, la innovación es uno de los motores del crecimiento económico de una nación, por lo que es necesario promover la investigación como una experiencia de aprendizaje activo que facilite a los estudiantes el desarrollo de aquellas destrezas que demanda el mercado laboral (Altman et al., 2019; CEDEFOP/OECD, 2021). Sin embargo, los datos aportados por el PCAST (2012) muestran que solo el 40% de los estudiantes que inician sus estudios en STEM los finalizan. Por esa razón, promover la retención y culminación de los grados en STEM es de gran importancia, para así satisfacer la demanda de profesionales altamente capacitados que promuevan la I+D. En esta dirección, diferentes investigaciones sustentan la necesidad de promover la participación de los estudiantes en programas que promuevan experiencias de investigación, como una iniciativa para aumentar la retención, la constancia y la culminación de los grados en STEM (Lopatto, 2007). Sin embargo, Bell et al. (2018) aporta datos que indican la existencia de variables que propician que un joven sea un relevante investigador o inventor en EE. UU. y estas son: ser hombre blanco, sobresaliente en matemáticas y ciencias y provenir de una familia de estatus socioeconómico alto. Este prototipo de investigador resalta la poca representación que tienen las mujeres, los grupos minoritarios y las personas que provienen de familias de bajos recursos económicos en el sector de la innovación y la investigación en el país. Por ello, es importante eliminar las barreras estructurales que promueven la discriminación y las desigualdades por raza y género en STEM, ya que de esa manera se cuadruplicaría la innovación en EE.UU. De manera que urge establecer intervenciones que expongan a estos grupos

pocos representados a ambientes y carreras que promuevan la innovación y así frenar la pérdida de futuros investigadores (Bell, Chetty, Jaravel, Petkova, & Reenen, 2018).

Ante una sociedad cuyas características demográficas muestran un crecimiento significativo de la población que no es blanca, apremia establecer políticas públicas que aminoren las desigualdades por raza y género. En esta dirección, la educación en STEM debe analizar desde la interseccionalidad las dinámicas de los procesos de aprendizaje para crear soluciones innovadoras a retos complejos, con el fin de hacer que la educación en STEM sea inclusiva, y ampliar su alcance social (National Science & Technology Council, 2018). A fin de reducir esta brecha, desde diferentes asociaciones y fundaciones se está proponiendo la incorporación de estrategias como programas de mentoría, internados y programas de entrenamiento, para que intervengan y fomenten redes sociales que sirvan de influencia a las poblaciones menos representadas en las STEM (CEDEFOP, 2021; National Science & Technology Council, 2018; UNESCO, 2015; White House, 2021). La literatura también apoya la creación e inversión en programas que promuevan experiencias de investigación en los grupos minoritarios, con el fin de incrementar su retención y aumentar la representación en STEM (Lopatto, 2010). Sin embargo, el marco conceptual que avala las intervenciones carece de evidencias científicas que respalden la efectividad de esas intervenciones para el logro de estos objetivos (The National Academies Press, 2017). Por ello, la Academia Nacional de la Ciencias señaló la falta de evaluaciones que valorasen la efectividad de los programas de entrenamiento de estudiantes que pertenecen a grupos menos representados en STEM (The National Academies Press, 2017; Mervis, 2006). Otros investigadores también han señalado la carencia de evaluaciones de carácter sumativo, longitudinales o comparativas entre programas (Haring 1999; Jun & Tieney, 1999; Schultz et al., 2011). Un ejemplo de la escasez de evidencias empíricas es la identificación de una baja

representación de estudiantes que pertenecen a grupos minoritarios raciales o étnicos en las investigaciones mas citadas en la literatura. Así vemos como en el estudio de Lopatto (2004; 2007) aproximadamente el 70% de la población estudiantil se identificó como blancos caucásicos. En el estudio de Adedokun (2013) la representación de hispanos era de solo un 5%, y en la investigación de Chemers (2001) fue de un 15%. Estos estudios muestran que el porcentaje de estudiantes que se identifica como hispanos no excede nunca del 40% (Brenner, Serpe, & Stryker, 2018; Estrada et al., 2011).

Si bien es cierto que los hispanos pertenecen a un sector poblacional poco representado en EE. UU., razón por la cual se les considera un grupo minoritario, las características que los definen como grupo difieren del resto de las minorías. Por ello, los retos a los que se enfrentan los estudiantes hispanos durante su carrera académica y de investigación es muy amplia. Las instituciones de educación superior que “sirven a hispanos” (HSI por sus siglas en inglés) tienen ante sí una gran labor para alcanzar y retener a estos estudiantes en STEM.

En términos de raza y etnicidad, la Universidad de Puerto Rico (UPR) es una institución que posee unas características que la diferencian del resto de instituciones de educación superior de los EE. UU. El 95% de los estudiantes de grado y el 50% de los estudiantes graduados de la UPR se identifican como hispanos, lo que hace de esta institución una HSI. En relación con la Facultad de Ciencias Naturales, por ejemplo, el 86% de los profesores se identifican como hispanos o latinos, el 6% como asiáticos, el 6% como blancos-no hispanos y un 2% como “otros” (National Center for Education Statistics, 2021). Datos del Instituto Nacional de Ciencias de los EE.UU. posicionan a la UPR entre las primeras diez instituciones que gradúa doctorandos hispanos en las áreas de ciencias e ingeniería, aportando aproximadamente el 19% de todos los doctorados en ciencias, y el 15% en carreras de ingenierías de la nación (National Science Foundation, 2019).

Así pues, los datos sustentan la importancia de la Universidad de Puerto Rico como una institución de educación superior de impacto, gracias a la cual se ha incrementado la representación de hispanos en STEM. Uno de los motivos del éxito de esta universidad es su ecosistema educativo, en el que convergen diversas perspectivas, experiencias de vida, conocimientos y paradigmas. Esta heterogeneidad ha sido y es un excelente motor para el desarrollo de la innovación y la creatividad.

Si analizamos algunos datos sobre cómo los estudiantes que realizan sus carreras en STEM pagan el costo de sus estudios, se observa que el 62% de los hispanos estudian gracias a subvenciones, tales como becas de investigación, ayudantías de investigación o internados. Por lo tanto, los programas de investigación no solo representan una oportunidad para que los jóvenes estudiantes investiguen, sino que les ayudan a desarrollar habilidades y destrezas, aumentar la retención de estos en STEM, además de facilitar la subvención de los estudios universitarios a muchos jóvenes hispanos.

4.2.3. La escasez de datos y la precaria evaluación de programas en STEM

Dado que la designación presupuestaria para financiar programas que promueven experiencias de investigación de estudiantes en STEM es alta, el proceso de rendición de cuentas cobra especial importancia al establecer las políticas públicas. En esta dirección, recopilar datos que permitan evaluar los resultados de los programas con indicadores comunes es importante para identificar y establecer buenas prácticas educativas. Crear métricas para unificar los datos que se recopilan durante proceso de investigación y evaluación de los resultados facilita la creación de parámetros que permiten realizar análisis comparativos entre los programas de educación en STEM. De igual forma, identificar y establecer parámetros e indicadores comunes permitiría a todos los actores conocer y evaluar sus niveles de ejecución dentro de un contexto amplio y así

realizar evaluaciones formativas. De esta manera, se hace indispensable el desarrollo de instrumentos de evaluación que faciliten informes con indicadores comunes para poder adoptar prácticas basadas en evidencias que permitan evaluar la efectividad y rigurosidad de los programas (National Science & Technology Council, 2018).

La creciente necesidad de crear teorías, modelos o marcos conceptuales que sirvan como guía para sustentar el desarrollo, la implementación de instrumentos para la evaluación de programas nos ha llevado a plantear el presente estudio. Poder contestar a preguntas que se relacionan con el funcionamiento de un programa nos permitirá conocer cómo este opera, con el objetivo de aportar recomendaciones para su mejora (Smith, 1990). Sin embargo, la revisión sistemática que realizaron Coryn, Noakes, Schroter y Westine (2010), mostró que son pocos los programas que evalúan las teorías que rigen sus prácticas, por lo que existe la necesidad de desarrollar estudios aplicados a las prácticas de los programas (i. e., empíricos) con el propósito de evaluar las teorías que los sustentan. En especial se recomienda que, dado el limitado acceso a la información, los programas que desean mejorar sus procesos de implementación y evaluación deben utilizar diseños no-experimentales para poner a prueba los modelos conceptuales de los programas mediante el estudio de las relaciones que se establecen entre las actividades y los resultados alcanzados.

Teniendo en cuenta lo escasa que es la información que relaciona los beneficios que obtienen los estudiantes hispanos al participar de programas de entrenamiento en investigación, el presente estudio pretende estudiar aquellos factores que facilitan la ejecución y el éxito de estos estudiantes. Así pues, esta investigación se sustentará en estudios que aportan datos que hacen referencia a que menos de la mitad de los estudiantes que son admitidos e ingresan en un programa de STEM logran finalizar estudios en esta área (Christe, 2013). Los factores que limitan la

culminación de los estudios en esta área pueden ser varios, de aquí la importancia de examinar las relaciones entre los resultados, los procesos y el contexto de los programas, así como la interacción de estos factores con aspectos inherentes a los participantes (Adedukun et al., 2012). Por ello, se hace necesaria una identificación acertada de las brechas existentes, para lo que se requerirá destacar los puntos de inflexión que limitan a los estudiantes hispanos la culminación de sus títulos en áreas de STEM. Los métodos de investigación mixtos plantean un acercamiento filosófico, en el que media la combinación de técnicas para la recopilación y análisis de información cualitativa y datos cuantitativos en el mismo estudio, con el objetivo de enriquecer el entendimiento del tema bajo estudio.

Puerto Rico y Estados Unidos comparten una historia sustentada en años de política colonial. Sin embargo, las realidades sociales, culturales y políticas de ambos países son distintas. Esta particular relación puede suponer el advenimiento de interpretaciones y significados diferentes ante eventos similares. De manera consecuente, en Puerto Rico, la información basada en investigaciones que abordan el tema del desarrollo de destrezas o competencias en estudiantes que participan de programas de STEM es limitada. Uno de los motivos es porque no se ha estudiado en profundidad la identificación de factores que faciliten el éxito de estudiantes que participan de programas que promueven las experiencias de investigación en este grupo poblacional. Así pues, se hace perentorio analizar el tema en cuestión bajo un acercamiento mixto.

Pese a que existen datos de las características demográficas de los estudiantes que se benefician de programas que ofrecen experiencias de investigación y son subvencionados con fondos públicos, es poca la información que las agencias que financian este tipo de proyectos educativos tienen al respecto. Tampoco existe uniformidad a la hora de compartir la información sobre la duración de las experiencias de investigación en la que participan los estudiantes, ni

existen indicadores comunes entre los programas que facilitan información sobre los logros de los participantes a nivel de programa e institución (The National Academies Press, 2017).

4.3. Preguntas de investigación

Partiendo del anterior análisis del contexto y del problema que propicia esta investigación, este estudio empírico se desarrolla con el propósito de aportar evidencias que permitan unificar la recopilación de información sobre los factores que promueven el éxito de aquellos estudiantes que participan de programas que proveen experiencias de investigación en STEM. De igual forma, se proyecta aportar a la unificación de métricas mediante un instrumento adaptado a la población puertorriqueña que facilite evaluar los logros que tienen diversos programas de entrenamiento en investigación, fomentando así las bases para evaluar las buenas prácticas. Para delimitar el problema se plantearon las siguientes preguntas de investigación:

- ¿Qué factores identifican como necesarios los profesores que dirigen estos programas para que los estudiantes sean exitosos en áreas y carreras en STEM?
- ¿Qué relación existe entre los factores de éxito que ofrece la literatura, y los identificados por los profesores que dirigen programas de investigación en STEM?
- ¿Qué beneficios tiene en los estudiantes participar de un programa de investigación en STEM?
- ¿Existe relación entre los beneficios que indican los estudiantes y sus intereses académicos futuros?
- ¿Qué factores de éxito se pueden identificar al comparar la información cualitativa resultante de las entrevistas a los facultativos, con las respuestas que se obtuvieron mediante la administración del instrumento a los estudiantes?

- ¿Son generalizables las temáticas emergentes de las entrevistas a las percepciones de los estudiantes?

4.4. Objetivos generales y específicos

Los estudios que muestran los beneficios que obtienen los estudiantes, principalmente hispanos, que participan en programas de entrenamiento en investigación es escasa. Por tanto, la presente tesis tuvo como propósito profundizar en la identificación de factores que facilitan que los estudiantes hispanos continúen sus estudios y tengan éxito en carreras en STEM. Concretamente, para esta investigación se establecieron los siguientes objetivos:

- Conocer, desde la visión del docente, los factores que facilitan el éxito de los estudiantes que participan de un programa de entrenamiento en investigación.
- Comparar la información provista por los docentes con lo que se establece en la literatura, a fin de desarrollar un instrumento que permita medir los factores que facilitan que estudiantes que participan en un programa de entrenamiento en investigación continúen estudios o carreras en áreas de STEM.
- Aportar evidencias que apoyen la teoría que se desarrolló durante la fase cualitativa y cuantitativa para sustentar la interpretación de los factores que facilitan el éxito en estudiantes que participan de programas de entrenamiento en investigación.

4.5. Definiciones operativas de las variables

Dada la naturaleza de este estudio, los conceptos y definiciones operacionales emergieron durante la fase cualitativa de la investigación, por lo cual se remite al lector al apartado de resultados cualitativos para conocer en profundidad las variables que se analizaron.

4.6. Tipo y enfoque de la investigación

Tomando en cuenta las características del planteamiento del problema bajo estudio, el propósito, los objetivos establecidos y el contexto situacional de esta investigación, el enfoque metodológico de este estudio fue mixto. Los métodos de investigación mixta plantean un acercamiento filosófico en el que media la combinación de técnicas para la recopilación y análisis de información cualitativa y datos cuantitativos en el mismo estudio, con el objetivo de enriquecer el entendimiento del tema a tratar.

Pese a que los programas de entrenamiento en investigación tienen una larga trayectoria de implementación en EE. UU. y Puerto Rico, las realidades sociales, culturales y políticas entre ambos países pueden dar lugar a interpretaciones diferentes ante eventos similares. De igual forma, la revisión de la literatura que aborda este tema utiliza el concepto de “estudiantes que pertenecen a grupos poco representados o minorías en las ciencias” para englobar así a un grupo diverso de personas como afroamericanos o latinos, entre otros. Al contexto antes expuesto, se hace perentorio añadir que, en Puerto Rico, también es limitada la información de corte investigativo que aborda el tema de desarrollo de destrezas en estudiantes que participan de programas de investigación. Tampoco se ha estudiado en profundidad la identificación de factores que faciliten el éxito de estudiantes que participan en programas que promueven experiencias de investigación en este grupo poblacional, por lo que es necesario acercarnos al fenómeno desde un enfoque metodológico mixto. De acuerdo con los objetivos de la presente investigación, este enfoque metodológico posibilita que se tome en cuenta el conocimiento, la perspectiva y las experiencias de facultativos y estudiantes puertorriqueños.

Bajo esta metodología mixta, la investigación se desarrolló en dos fases, la primera cualitativa y la segunda cuantitativa, bajo las especificaciones de un método mixto con diseño secuencial exploratorio y un modelo de desarrollo de instrumento (Creswell y Plano Clark, 2018). La primera fase de la investigación permitió que, de la información cualitativa que se recopiló y analizó, surgieran temáticas que posteriormente guiaron la fase cuantitativa del estudio. La implementación de la fase cualitativa se planteó con el objetivo de conocer la visión de los docentes que dirigen programas de investigación, así como los factores que ellos identifican como principales y que facilitan el éxito de los participantes de programas de entrenamiento en investigación. La segunda fase se desarrolló amparada en la información cualitativa, y permitió recopilar información de carácter cuantitativo.

4.7. Diseño de investigación

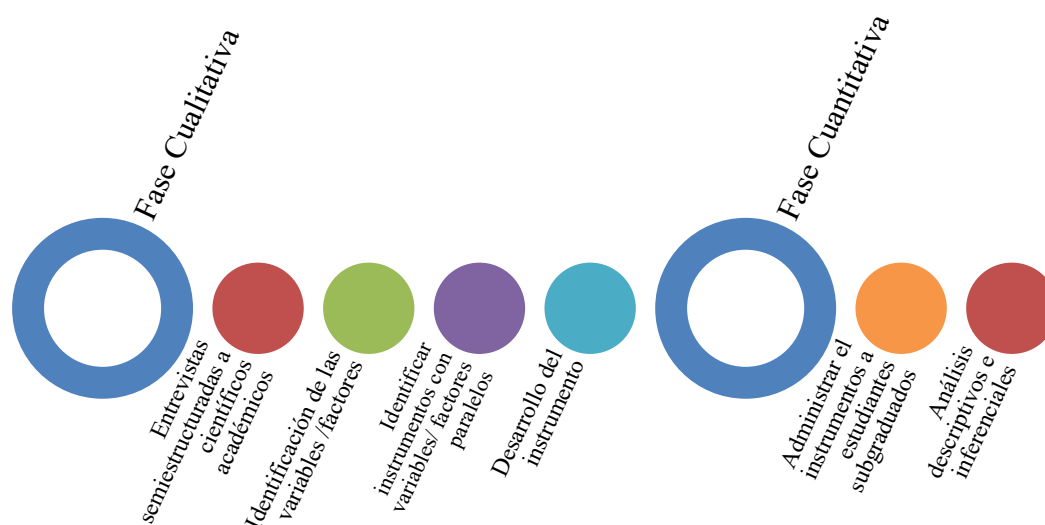
Bajo el planteamiento de un enfoque metodológico mixto, el diseño que guio esta investigación fue de tipo exploratorio secuencial (Creswell & Plano Clark, 2018). Gracias a este se pudo profundizar en el conocimiento del problema bajo estudio y así responder a los propósitos y objetivos de esta investigación, para ello se requirió incorporar el modelo de desarrollo de instrumentos bajo el diseño secuencial exploratorio. En específico, esta investigación se desarrolló en dos fases ya citadas en el apartado anterior, una cualitativa y otra cuantitativa.

Tal como se presenta en la figura 17, la primera fase de este diseño permitió que, de la información cualitativa que se recopiló y analizó, emergieran temáticas que, posteriormente, guiaron la fase cuantitativa del estudio. La razón para implementar la fase cualitativa fue, en primera instancia, la de conocer desde la visión de docentes que dirigen programas de

entrenamiento en investigación, cuáles son los factores que ellos consideran como principales beneficios que aportan éxito y facilitan la finalización de carreras en áreas de investigación.

Figura 17

Diagrama de las fases de la investigación con enfoque metodológico mixto



La segunda fase se desarrolló amparada en la información cualitativa y permitió recopilar información de carácter cuantitativo a partir de su posterior análisis, y así avalar el desarrollo del instrumento que, en la fase cuantitativa, permitió conocer los factores que facilitan el éxito de estudiantes que participan en experiencias de investigación.

Concretamente, este diseño permitió explorar factores que tanto en la literatura existente como un grupo de expertos académicos identifican como relevantes para que estudiantes que participan de experiencias de investigación continúen estudios graduados en áreas relacionadas con las líneas de investigación de cada programa. Al incorporar este diseño por fases se partió de

la recopilación de información cualitativa y su posterior análisis para sustentar el desarrollo del instrumento que, en la fase cuantitativa, permitió recopilar datos que permitieron conocer factores que facilitaban el éxito de estudiantes que participan de experiencias de investigación.

4.8. Población y muestra

A fin de responder a los propósitos de esta disertación, adscritos al diseño mixto de la misma, se incorporaron estrategias de muestreo mixtas según la fase en la que nos encontramos. En específico, se incorporó el marco conceptual de un muestreo secuencial. Teddlie y Yu (2007) acuñaron el término de “muestreo secuencial de método mixto” cuando se utilizan los resultados de la primera fase de la investigación para guiar o influenciar las estrategias que se incorporan al realizar el muestreo de la segunda fase. En este sentido, la dimensión relacionada con la temporalidad de las muestras es secuencial y se resalta la relación existente entre ambas, puesto que los profesores que participaron de las entrevistas dirigen los programas de los que forman parte los participantes de la segunda fase. A continuación, se detallarán los pasos realizados durante el muestreo secuencial de esta investigación.

En la primera fase de este estudio se identificó una muestra con propósito, ya que la selección fue intencionada al considerarse la experiencia previa de los participantes como directores de programas que promueven actividades y experiencias en investigación.

La parte cualitativa presta especial atención a la riqueza y profundidad de la información que los participantes proveen, por lo que el criterio de cantidad de participantes pasa a un segundo plano cuando el objetivo es recabar a profundidad información rica en detalles, que permitan captar individualidades de la experiencia de cada participante. Si definir un número de participantes bajo estudio va contra la propia naturaleza de la indagación cualitativa, Creswell (2007) recomienda

seleccionar entre 4 y 10 personas, cuyas características faciliten el acceso a la información pertinente del estudio. Como criterio de inclusión para acceder a la investigación, los participantes tenían que ser facultativos y directores de programas en algún centro de educación superior. A fin de incorporar la estrategia de muestreo con propósito de máxima variación, se identificaron cinco facultativos que reflejaron variabilidad en sus formaciones profesionales, diversidad en los enfoques de investigación de los programas, así como variabilidad en el género. De esta manera, se deseaba facilitar que durante las entrevistas emergieran diferentes perspectivas respecto al fenómeno bajo estudio. Con el propósito de salvaguardar los aspectos éticos, los participantes completaron una hoja de consentimiento informado (véase Anexo 1) en la que se les indicó que su inclusión en el estudio era voluntaria, y que se garantizaba la confidencialidad de toda la información.

Durante la segunda fase del estudio, de tipo cuantitativa, la población objetivo de esta investigación lo conformaron estudiantes universitarios de Puerto Rico que participan de manera activa en algún programa de entrenamiento en investigación y que, a su vez, estaban matriculados en una institución universitaria pública o privada de la isla. No obstante, a fin de integrar el aspecto secuencial del muestreo y resaltar la relación existente entre los participantes de ambas fases, para la recopilación de los datos cuantitativos se incorporó un muestreo no probabilístico con una muestra por conveniencia. Del universo que comprende la población de interés de esta investigación se seleccionó una muestra compuesta por 228 estudiantes, los cuales formaban parte de programas dirigidos por los facultativos entrevistados en la primera fase de la investigación. Dado que la cantidad de estudiantes que se benefician de estos programas de entrenamiento tiende a ser poca, la recopilación de datos no se limitó a los participantes de los programas de entrenamiento representados por los profesores entrevistados en la fase cualitativa. Respecto al

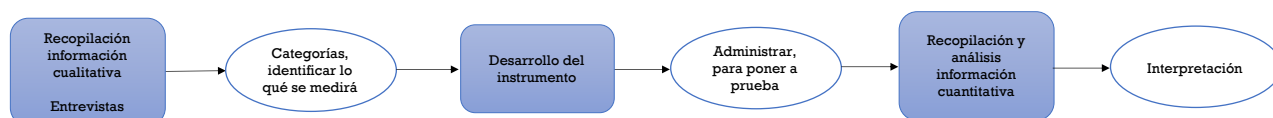
área geográfica, se consideró como criterio de inclusión que la sede del programa de entrenamiento en investigación se situara en alguna universidad pública o privada del área metropolitana de Puerto Rico.

4.9. Técnica e instrumento para la recopilación de datos

Como se presenta en la figura 18, durante la fase cualitativa, fueron cinco los facultativos que participaron en esta investigación. Teniendo en cuenta el enfoque metodológico que seguimos, la técnica para la recopilación de información que se utilizó durante la primera fase del estudio fue la entrevista semiestructurada. Se incorporó la entrevista, con el propósito de generar un espacio que fomentara la discusión y el diálogo entre la persona entrevistada y la investigadora. La realización de un protocolo de preguntas propició y facilitó el acercamiento a las concepciones y el significado que los entrevistados atribuyen a la experiencia de participar de un programa de investigación.

Figura 18

Recopilación de información y datos en las etapas del estudio empírico



La entrevista semiestructurada, conocida también como entrevista en profundidad, se llevó a cabo de manera flexible, dinámica y con preguntas abiertas (Hernández et al., 2010). Un acercamiento semiestructurado al proceso de entrevista supuso la posibilidad de generar un espacio

en el que existe una mayor libertad para entender el fenómeno bajo estudio (Lucca Irizarry, & Berríos Rivera, 2009). Durante el proceso de las entrevistas, la interacción que se generó entre la investigadora y los participantes propició un diálogo que permitió conocer las experiencias subjetivas, visiones y el sentir de los entrevistados respecto a los beneficios y el desarrollo de habilidades que logran los estudiantes que participan de experiencias de investigación, y la contribución de estas en la consecución de sus metas académicas.

Para cumplir con los debidos procedimientos en la recolección de información, a cada facultativo se le entregó una hoja de consentimiento informado en la que se daba a conocer el propósito de la investigación de manera clara y detallada. A su vez, y previamente al inicio de la entrevista, se ofrecieron detalles sobre la duración de la misma (90 minutos aproximadamente). Asimismo, se confirmó con el participante la autorización de la grabación en audio de dicha entrevista, (premisa contemplada en la hoja de consentimiento informado). Desde una aproximación cualitativa exploramos la información provista por los cinco profesores que dirigen los programas de entrenamiento en investigación, con el propósito de identificar fragmentos de información que facilitaran la codificación en categorías para, posteriormente, analizar los factores en la etapa cuantitativa del estudio. Los detalles del análisis de la información cualitativa serán discutidos con detalle en el apartado de recogida de los datos.

Uno de los propósitos de este estudio es el desarrollo de un instrumento que permita evaluar los beneficios que tienen los estudiantes al participar de un programa de entrenamiento en investigación. Si bien existen diversas formas de incorporar las técnicas de recopilación de datos dentro de un estudio mixto, para lograr los propósitos de esta investigación se estableció que las técnicas para la recopilación de los datos fueran conectadas durante el proceso y de manera secuencial, tal como el diseño de investigación requiere. Es decir, la primera fase se valió de los

resultados de las entrevistas para, posteriormente, desarrollar el instrumento que se administró en la segunda fase de la investigación. La empleabilidad de dos técnicas para la recopilación de datos facilitó nuestra investigación respecto a los elementos comunes que subyacen a la participación en experiencias de investigación. Este acercamiento pluralista nos permitió conocer la perspectiva de un grupo de expertos en el tema y, posteriormente, la percepción de sus estudiantes participantes.

Como se ha indicado hasta el momento, durante la fase cuantitativa de esta investigación se incorporó como técnica para la recopilación de datos la encuesta, teniendo en cuenta la administración del instrumento que se desarrolló durante la fase cualitativa, que fue la entrevista. Resulta apropiado utilizar el cuestionario como técnica para recopilar datos, pues uno de los objetivos de esta tesis era destacar qué beneficios obtienen los estudiantes que participan de experiencias de investigación, y cómo les ayuda a lograr sus aspiraciones académicas. De igual forma, valernos de la técnica de recopilación de datos por encuestas facilitó la recopilación de una amplia cantidad de datos cuantitativos en un corto periodo de tiempo, lo que permitió emplear técnicas estadísticas descriptivas e inferenciales según los propósitos de la investigación.

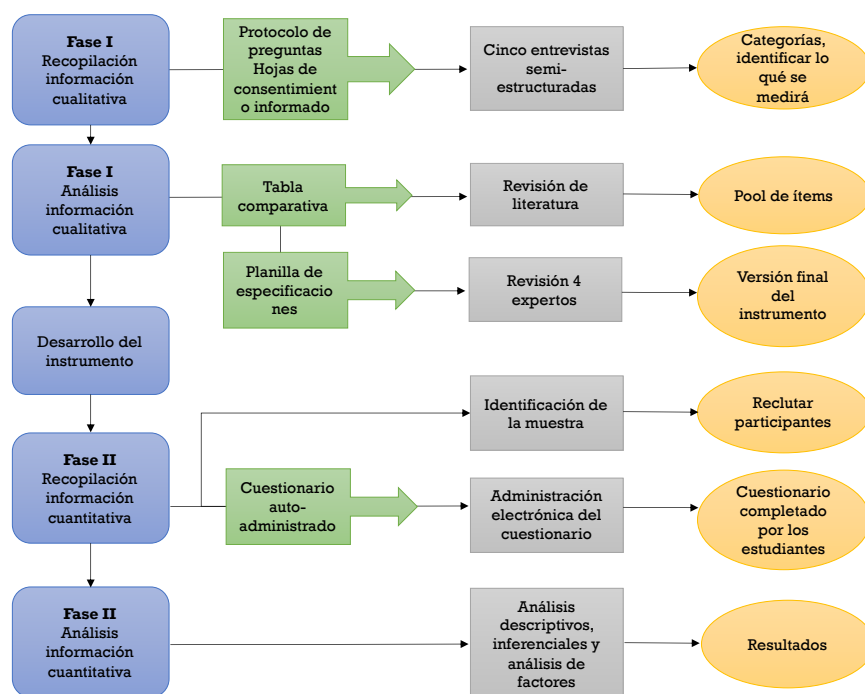
4.10. Recogida de los datos

Esta investigación, con una metodología mixta, integra un diseño exploratorio secuencial, siendo la recogida de datos realizada por fases. Tal como se presenta en la figura 19, la primera fase del estudio fue de naturaleza cualitativa. Este proceso de recopilación de información se inició con la redacción de la guía de preguntas de las entrevistas (véase Anexo 2), que tuvo como base la literatura revisada, el propósito general y los objetivos específicos de la investigación. La guía de preguntas consistió en premisas que facilitaron al entrevistador esclarecer y profundizar en las respuestas de los participantes.

La investigadora identificó los potenciales participantes y estableció el contacto inicial de manera personal, explicándoles los propósitos de la investigación. Después de que los profesores accedieron a participar en la investigación, se coordinó la fecha, hora y lugar para llevar a cabo las entrevistas que se realizaron en las oficinas de cada facultativo, a fin de brindar privacidad y comodidad al participante. Previamente a iniciar la entrevista, cada participante fue orientado acerca de la voluntariedad de su participación y de la autonomía que poseen al tener la potestad de declinar su participación en la investigación o abstenerse de responder a ciertas preguntas sin penalización alguna. Finalizada esta orientación, se reservó un espacio para que cada participante leyera y completara la hoja de consentimiento informado (véase Anexo 1).

Figura 19

Representación visual de las etapas de recopilación de información



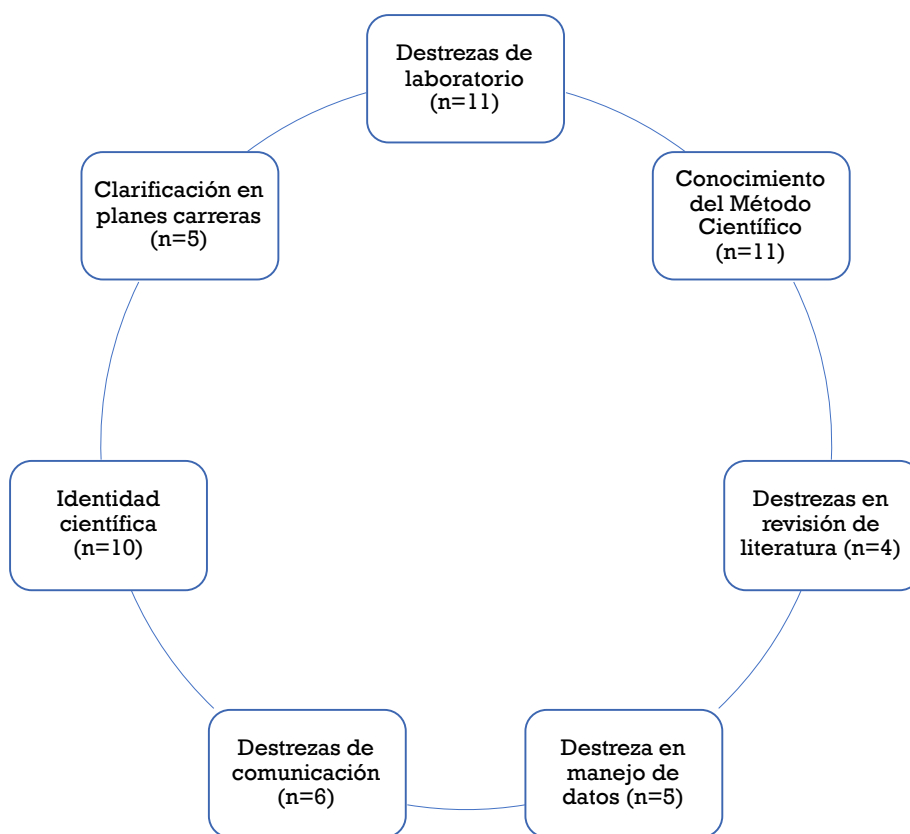
El proceso de entrevistas se inició con preguntas que permitieron conocer el perfil del docente, seguido de otros bloques de preguntas que facilitaron información sobre los programas

que dirigen. Mediante el tercer grupo de preguntas, se logró profundizar en aquellos factores que, según la experiencia de cada facultativo, facilita el éxito de los estudiantes. Finalmente, la última sección de preguntas nos ayudó a recabar cualquier otro tema que no se contemplara durante la entrevista y que el facultativo considerara relevante. Todos los participantes autorizaron la grabación en audio de las entrevistas, por lo que, concluido el proceso de recopilación de información cualitativa, estas fueron transcritas *ad verbatim* para no perder información que pudiera ser pertinente en la investigación, y proseguir con su correspondiente análisis de contenido.

Una vez analizada la información de la fase cualitativa se procedió a generar el instrumento que se administró en la segunda fase de esta investigación. Los detalles relacionados con la construcción del instrumento y su contenido se detallan en el apartado de resultados, puesto que el cuestionario es el producto de la fase cualitativa de este estudio mixto. Sin embargo, a modo de situar al lector y responder al apartado de recogida de datos, es importante resaltar que el instrumento diseñado es producto de una revisión de instrumentos previamente existente en la literatura y de la información recopilada en la primera fase del estudio. Como parte del proceso de construcción del instrumento, un panel de expertos compuesto por cuatro facultativos que colaboran con programas que ofrecen oportunidades para realizar investigaciones analizaron el contenido de cada ítem y su correspondencia con la categoría o dimensión. Este análisis por juicio de expertos permitió recopilar evidencias respecto a la contribución de cada ítem y la representación del dominio. Una vez analizada la información provista por los expertos, se generó la versión final del instrumento, la cual constó de 52 ítems categorizados en las siete dimensiones que se presentan en la figura 20. La versión final del instrumento se encuentra en el anexo 3.

Figura 20

Dimensiones del instrumento de investigación



En el instrumento se elaboró una escala, tipo Likert, de cinco puntos (1= Nada de beneficio, 2= Poco beneficio, 3= Moderado beneficio, 4= Buen beneficio y 5= Gran beneficio) que permitía a los estudiantes indicar el nivel de ganancias o beneficios percibidos en cada dimensión como resultado de su participación en un programa de entrenamiento. De igual forma, se incluyeron cinco preguntas demográficas con las que recopilar información del nivel académico del estudiante, concentración académica, tiempo realizando la investigación, género y planes futuros al finalizar el programa de entrenamiento en investigación.

Recopilar los datos cuantitativos mediante un cuestionario auto administrado permitió conocer los beneficios que los estudiantes atribuyen a participar de estos programas de

entrenamiento en investigación para un amplio número de participantes en un corto periodo de tiempo. El instrumento fue administrado en línea utilizando la plataforma de *SurveyMonkey*. Los estudiantes recibieron un correo electrónico por parte del personal administrativo de cada programa, en el cual se explicaba el propósito del instrumento y se compartía el enlace al que debían acceder para realizar el cuestionario. Se estimó que el tiempo aproximado para completarlo sería de 10 minutos. El acceso al mismo se mantuvo abierto durante cuatro semanas y se enviaron dos mensajes de recordatorio. El primero se envió pasados diez días después de recibir el mensaje original, mientras que el segundo se envió una semana antes de cerrar el acceso al instrumento. La confidencialidad de los datos fue garantizada en todo momento y los cuestionarios fueron completados de forma anónima.

4.11. Aspectos éticos de la investigación

La participación en la investigación no implicó peligrosidad ni daños físicos, mentales, emocionales o psicológicos a las personas que participaron en ella. No obstante, para cumplir con los principios éticos y legales de las investigaciones con humanos se veló por la seguridad, el bienestar, la integridad y la confidencialidad de los participantes (American Psychological Association [APA], 2010). En todas las fases de esta investigación mixta se garantizó una participación libre y voluntaria. A los participantes se les notificó que la información recopilada se utilizaría únicamente para fines de investigación y educación y que tenían la potestad de declinar o retirarse de la investigación en cualquier momento. De igual forma, podían abstenerse de responder alguna pregunta o ítem sin penalización alguna, respetando así la autonomía de cada uno. Es importante señalar que la participación en cada fase de la investigación fue de carácter voluntario, por lo cual no se contempló beneficio monetario alguno.

La confidencialidad o el derecho a la privacidad de los participantes fue garantizada en ambas etapas de esta investigación. Durante la fase cualitativa de este estudio los participantes completaron la hoja de consentimiento informado y, durante la fase cuantitativa, los propósitos de la investigación fueron compartidos por el personal administrativo a través de un mensaje de correo electrónico que contenía el enlace al cuestionario. Tanto las grabaciones en audio, las transcripciones de las entrevistas, así como las bases de datos con los resultados de las respuestas al cuestionario se guardaron en el ordenador de la investigadora principal, en un archivo digital que requería clave de acceso para salvaguardar su contenido.

Finalmente, el anonimato se garantizó a lo largo de la investigación, puesto que durante el análisis de los datos se omitió información que facilitara la identificación directa de los participantes. En específico, tanto a los entrevistados como a los participantes del cuestionario se les asignó un identificador. Es importante resaltar que el cuestionario no requería que el estudiante revelara su nombre.

Capítulo V. Análisis de datos e interpretación de los resultados.

Basándonos en el enfoque metodológico de esta investigación, durante cada una de las fases se realizaron análisis alineados con el diseño. La tabla 9 presenta un resumen general de los pasos efectuados con los cuales se analizó la información cualitativa y los datos cuantitativos.

Tabla 9

Breve descripción de los análisis realizados

<i>Proceso análisis cualitativo</i>	<i>Paso</i>	<i>Proceso análisis cuantitativo</i>
• Asignación de identificadores a los participantes • Transcripción de las entrevistas • Verificar las transcripciones • Organizar las transcripciones	Preparación inicial de los datos	• Descargar base de datos del SurveyMonkey • Asignación de identificadores a los participantes • Depuración de la base de datos • Recodificar variables
• Lectura inicial de las entrevistas transcritas • Hacer notas o memos de las ideas iniciales para crear los primeros códigos	Exploración de los datos	• Análisis de los valores perdidos • Análisis descriptivos de los datos
• Codificación • Categorización • Generar relación entre categorías o subcategorías	Análisis de los datos	• Análisis inferencial de los datos • Estudio técnico del instrumento
• Presentación visual y textual de los resultados considerando las categorías y sus descripciones, así como las frases codificadas que las apoyan	Representación de los datos	• Presentar los resultados estadísticos en el texto con tablas y gráfica

• Resumen de los hallazgos • Interpretar los resultados a la luz de las preguntas de investigación • Relacionar los resultados con la literatura • Desarrollar dimensiones del instrumento	Interpretación de los datos	• Resumir los principales hallazgos • Interpretar los resultados a la luz de las preguntas de investigación • Relacionar los resultados de las fases cualitativas y cuantitativas

5.1. Fase Cualitativa

Integrar un modelo para el análisis de la información cualitativa facilitó la exposición lógica y estructura de la interpretación de los temas, conocimientos y significado que le otorgan los participantes al tema bajo estudio. Concretamente, el análisis de contenido de la información cualitativa se realizó mediante la incorporación de las tres estrategias propuestas de Wolcott (1994), que son: descripción, análisis e interpretación.

El proceso descriptivo permite la representación detallada del relato de los hechos ocurridos y observados. Se dice que se asemeja el proceso de descripción con el relato de un cuento, pues requiere que el investigador transmita a su audiencia acontecimientos, escenarios y personas que no fueron vistas por los lectores (Wolcott, 1994). De igual forma, este primer paso posibilita relacionar los hechos mediante la identificación de los atributos y conocimientos de los entrevistados. Sin embargo, dicho relato no es suficiente para tener un conocimiento amplio y exhaustivo de las relaciones o interacciones que componen los elementos de las entrevistas. Por tanto, es ineludible integrar un proceso de análisis para dar sentido a la información más allá de la narración descriptiva. En este sentido, Wolcott (1994) define el análisis como la “integración de un proceso sistemático que facilita identificar aspectos fundamentales, como atributos, funciones, hechos o procesos para pasar juicio sobre las relaciones o interacciones que se dan ente ellos” (p.24). De esta forma, el análisis nos permitió transformar la información recabada mediante las

entrevistas para resaltar los asuntos medulares y temas centrales, profundizando en aquellos elementos que guardan relación unos con otros.

Finalmente, gracias a la interpretación, pudimos profundizar en el significado de lo observado, trascendiendo la información descrita para buscar el sentido o explicaciones que propicien una comprensión que abarque el tema de forma más amplia. Wolcott (1994) sostiene que la interpretación es el elemento con el que el investigador puede “producir conocimiento nuevo y generar otras explicaciones de los fenómenos que acontecen” (p.36). Sin embargo, para realizar interpretaciones fundamentadas y no especulativas, es de suma importancia considerar el contexto, la disciplina del saber desde la cual se fundamenta el estudio, así como el marco teórico que guía al investigador.

Uno de los principales retos de la investigación cualitativa es trabajar con una amplia cantidad de información de manera ordenada, estructurada y sistematizada. El proceso de preparación de la información se inició mediante la transcripción, palabra por palabra, de los audios de las entrevistas realizadas. Después de ser transcritas las entrevistas, se corroboró la fidelidad entre el audio y el texto para así garantizar la correspondencia entre ambas fuentes de información. Tras la transcripción y revisión de las entrevistas se procedió con la codificación. Basándonos en lo expuesto por Wolcott (1994), dicho proceso de sistematización de la información facilita identificar categorías o criterios para el análisis. La codificación nos permitió asignar a cada unidad de texto un código de carácter visual (a través de colores) con los que indicar la categoría de correspondencia. Estas categorías de análisis se agruparon en unidades de información similares bajo un mismo tópico, a la vez que se mantenía una relación directa con la narrativa de los participantes. Es importante resaltar que estos dos procesos no se dan de manera lineal, más bien son el reflejo de la interacción entre las operaciones de codificación y

categorización, las cuales permiten comparar constantemente el resultado de ambas para reflejar el carácter orgánico de la investigación cualitativa.

Esta fase cualitativa tenía como objetivo profundizar en el saber, los conceptos y las relaciones que los docentes, desde su posición de investigadores y administradores de programas de entrenamiento en investigación, identifican como beneficios para los estudiantes. Inicialmente, el texto fue codificado y dividido en cinco categorías para, posteriormente, revisar el texto y asegurarnos que los fragmentos de este estuvieran bien ubicados. Durante el proceso de depuración se identificaron atributos dentro de cada categoría y se generaron subcategorías. Es importante resaltar que este proceso iterativo facilitó la definición operacional de las categorías, que fueron:

- Descripción general de los programas- Radiografía de los programas representados por los docentes participantes, considerando la población objetivo, metas y actividades.
- Destrezas de investigación- Conjunto de prácticas y saberes necesarios para realizar una investigación. Esta categoría se subdividió en dos:
 - Destrezas necesarias para realizar el trabajo en el laboratorio.
 - Conocimiento del método científico.
- Destrezas profesionales- Son aquellas que todo estudiante debe desarrollar, puesto que son necesarias para una carrera profesional dentro y fuera del área de la investigación.

Las subcategorías que emergieron fueron tres:

- Revisión de literatura.
- Manejo de datos.
- Destrezas de comunicación.
- Aspectos de la personalidad- Comportamientos o atributos que facilitan la integración a la comunidad científica, y cuya categoría fue:

- Identidad científica
- Otros aspectos relevantes de la investigación- La percepción de cómo las experiencias de investigación facilitan sus carreras futuras.

Después de implementar el sistema de categorización mediante un proceso manual, se inició otro con el que describir la información, seleccionando las unidades de texto que mejor representaban y describían los propósitos de esta investigación. Durante el proceso de análisis se empleó la información recopilada para expresar y resaltar de manera lógica y coherente los asuntos y temas medulares. En esta etapa, incorporamos la estrategia de despliegue de hallazgos mediante la presentación visual en forma de tabla. De acuerdo con Wolcott (1994), de esta manera se facilita la vinculación de los elementos, posibilitando así el entendimiento del fenómeno bajo estudio.

La fase de la interpretación está estrechamente relacionada con el significado que se le otorga al fenómeno bajo estudio. Lucca y Berrios (2009), argumentan que “la interpretación es el espacio [...], para crear conocimiento, generar explicaciones e iniciar teorías” (p. 499). Es aquí donde la investigadora incorporó como eje conector al proceso interpretativo los marcos teóricos, a la vez que se consideraron los objetivos de la investigación y la naturaleza de la información para fundamentar el alcance explicativo. Es importante resaltar que el proceso de interpretación requiere la integración de manera conjunta de los contextos físico, social, cultural e histórico a los propósitos de esta investigación (Wolcott, 1994). Por ello, esta fase propició la construcción de conocimiento relacionado con aquellas destrezas o características que un grupo de facultativos, desde su posición de investigadores y administradores de programas de entrenamiento en investigación, identifican como necesarias para que los estudiantes tengan éxito en carreras relacionadas con investigación en STEM en Puerto Rico.

En el siguiente apartado se describirá la muestra de los docentes que participaron en la fase cualitativa del estudio, así como fragmentos de las narrativas que se relacionan con las dimensiones y categorías previamente mencionadas.

5.1.1. Características de la muestra de la fase cualitativa

Cinco fueron los facultativos que ejercen como directores de programas de entrenamiento en investigación y que participaron de las entrevistas individuales que se realizaron durante la fase cualitativa de este estudio. De los cinco docentes entrevistados, tres fueron mujeres y dos hombres. Respecto a la preparación académica de los entrevistados, todos poseen grados doctorales en ciencias, tres de ellos realizaron estudios post doctorales, y todos los docentes poseen nombramiento de catedráticos. El rango de tiempo de servicio como docentes e investigadores va de los 16 a los 32 años de prácticas. Todos los docentes trabajan para la misma institución de educación superior de Puerto Rico, aunque representan dos campus académicos diferentes. Si bien una de las docentes no dirige un laboratorio de investigación, colabora directamente con varios realizando estadísticas aplicadas.

Tabla 10

Descripción de los docentes que participaron en las entrevistas

	Género		Preparación académica	Años de experiencia docente y puesto académico	Tiempo trabajando en URE (años)	Puesto que ocupa dentro del programa
	Hombre	Mujer				
P1		X	PhD. Química Post Doctorado Biocombustible	16 años Catedrática. Directora Departamento de Química	13 años	Codirectora y Coordinadora del componente de educación y actividades de

					alcance comunitario
P2	X	PhD. Fisiología Post Doctorado Embriología	32 años Catedrático. Coordinador Programa graduado Biología	30 años	Investigador Principal
P3		X PhD. Matemáticas	32 años Catedrática	7 años	Codirectora
P4	X	PhD. Bioquímica	26 años Catedrático	18 años	Coordinador
P5		X PhD. y Post Doctorado en neurociencia	24 años Catedrática. Directora instituto de investigación	24 años	Directora administrativa

Participante 1 (P1)

La P1 es una mujer con 16 años de experiencia docente. Cursó su grado doctoral en la Universidad de Puerto Rico con especialidad en Química Analítica Ambiental. Tiene varias experiencias post doctorales de las que destacó la realizada en la Universidad de Georgia, otra en el centro de excelencia de *Homeland Security* en la Universidad de Rhode Island, y una última experiencia en *Marine Biological Laboratory* en Massachusetts. Al momento de la entrevista, la P1 indicó que su tiempo está dividido entre docencia, diferentes tareas administrativas como codirectora de un centro especializado en investigación y directora e investigadora de un departamento dentro de la Facultad de Ciencias Naturales. Trabaja como investigadora en dos áreas principales, una de las líneas de investigación es química analítica ambiental, específicamente el desarrollo de nanomateriales y sensores a partir de bioproductos que se extraen de macrólidos. La segunda línea de investigación se centra en la educación en ciencias, concretamente en el desarrollo de destrezas de comunicación científica en los estudiantes. En su faceta de investigadora, dirige un laboratorio en el que participan activamente 3 estudiantes

graduados (estudiantes de posgrado en España) y 15 subgraduados (estudiantes de grado en España). En cuanto a los programas de entrenamiento en investigación para estudiantes, lleva 13 años participando en ellos, siempre enfocada en el componente de educación para los becados y actividades de alcance comunitario.

Participante 2 (P2)

El P2 es un hombre con 32 años de experiencia docente y un doctorado en Fisiología por la Universidad de Harvard. Posteriormente, cursó estudios post doctorales en un Instituto de Embriología en Francia. Destaca dos estancias cortas, una en la Escuela de Medicina en Australia, y otra pasantía en una Escuela de Medicina y Dentistería en Tokio (Japón). El P2 indicó que, además de sus funciones como docente, es director del Programa de Estudios Graduados de un departamento de la Facultad de Ciencias Naturales donde realiza investigaciones. Como investigador, dirige un laboratorio centrado en estudiar temas relacionados con la biología del desarrollo y la neurobiología. En dicho laboratorio hay dos mujeres técnicas de laboratorio, 8 estudiantes graduados, 25 estudiantes subgraduados y dos estudiantes de escuela superior. En relación con los programas de entrenamiento en investigación, desde que comenzó como investigador hace 32 años es mentor de estudiantes de diferentes programas. De igual forma, nos señaló que en la actualidad es el investigador principal de un programa de entrenamiento y codirector de otro programa.

Participante 3 (P3)

La P3 es una mujer con 32 años de experiencia docente, que obtuvo su título doctoral en Matemáticas en la Universidad Central de Venezuela. Junto a sus funciones como catedrática,

colabora en investigaciones con enfoques en temas metodológicos, en particular, análisis bayesiano objetivo. De igual forma, una segunda vertiente de su trabajo como investigadora está enfocado en la estadística aplicada. Esta última línea de investigación le permite colaborar de forma transdisciplinaria y proveer apoyo en diversas áreas y líneas de investigación. Respecto a su experiencia con programas de entrenamiento en investigación, la P3 destacó que en su país de origen no existen, por lo que su primer acercamiento se produce en el año 2005 cuando comenzó a trabajar en Puerto Rico. Desde hace siete años ejerce como codirectora de un programa de entrenamiento en investigación.

Participante 4 (P4)

El P4 es un docente con 26 años de experiencia. Obtuvo su título doctoral en Bioquímica con una subespecialidad en Analítica en la Universidad de Puerto Rico. Al momento de la entrevista es catedrático, y sus funciones principales son de investigador y coordinador de dos programas de entrenamiento en investigación para estudiantes. Además, desarrolla tres líneas de investigación. La primera está enfocada en el estudio de la estructura de la membrana de composición de lípidos y proteínas. La segunda línea de investigación se desarrolla en un laboratorio de proteínas estructural y, por último, trabaja investigando el VIH. Cada línea de investigación se desarrolla en un laboratorio diferente, por lo que supervisa tres laboratorios simultáneamente en los cuales hay un total de dos *lab managers*, cuatro técnicos de laboratorio, siete estudiantes graduados y 14 estudiantes subgraduados.

Participante 5 (P5)

La P5 es una mujer que ejerce como docente desde hace 24 años. Obtuvo su doctorado en Neurociencia en la Universidad de Florida y luego realizó un adiestramiento postdoctoral en Neurociencia en el Instituto de Neurobiología de Puerto Rico. Actualmente, ejerce como docente, investigadora y directora administrativa de un centro de investigación. Como investigadora, se enfoca en el estudio de las bases neurales del comportamiento en modelos invertebrados. Actualmente, desarrolla una nueva línea de investigación con la que desea incorporar el impacto de situaciones o cambios ambientales en la función del sistema nervioso. Respecto a la composición de su laboratorio, tiene una asistente de laboratorio, un estudiante graduado y 5 estudiantes subgraduados. En relación con su experiencia con programas de entrenamiento en investigación, desde sus inicios como docente ejerce como mentora de estudiantes. En su caso, lo habitual es dirigir proyectos que forman parte de otras investigaciones más grandes, sin embargo, en la actualidad ejerce como directora y miembro administrativo de un centro de investigación y pertenece al comité de educación de dicho centro.

5.1.2. Descripción de los programas de entrenamiento en investigación

Para situar al lector en el contexto de los programas de entrenamiento en investigación, en el siguiente apartado se presenta un resumen que describe los programas de entrenamiento en investigación en los que trabajan los docentes entrevistados. Se describen un total de seis programas, dado que el P4 es coordinador de dos programas. Los seis programas tienen como objetivo principal aumentar la diversidad académica y laboral en sus respectivas áreas de investigación. Respecto a la población a la que sirven, todos los programas representados benefician a estudiantes subgraduados, aunque tres de ellos incluyen dentro de su población objetivo estudiantes graduados. En relación con las actividades que ofrecen al estudiantado, los

seis programas financian experiencias de investigación durante el verano en universidades de Estados Unidos. A esta actividad también se la conoce como “experiencias de internados de verano”. Cinco de los seis programas ofrecen becas o estipendio a sus estudiantes por participar de experiencias de investigación bajo la supervisión de un mentor durante el año académico. A fin de promover el conocimiento científico relacionado con el área de investigación de interés, cinco de los programas incorporan algún requisito curricular mediante una secuencia de cursos sugeridos o, a través de la creación de cursos específicos de inglés, ciencias o manejo de datos. De igual forma, cinco programas ofrecen talleres con el objetivo de potenciar las destrezas profesionales de sus estudiantes. Otras iniciativas que se identificaron fueron el ofrecimiento de seminarios científicos y de reclutamiento, así como el patrocinio de viajes para participar en congresos profesionales.

Tabla 11

Descripción general de los programas que representan los docentes participantes

	Objetivos generales	Población beneficiada	Concentraciones académicas	Actividades que ofrecen al estudiantado
P1	Desarrollar investigaciones en el área de nanotecnología ambiental para desarrollar tecnología que permita resolver problemas ambientales existentes en Puerto Rico. Desarrollar destrezas científicas y profesionales de los becados para que, en un futuro, esa nueva fuerza laboral se	• 13 estudiantes graduados • 13 estudiantes subgraduados	• Ciencias Ambientales • Química • Física	• Becas por participar de experiencias de investigación mentorizadas durante el año académico • Talleres de desarrollo de destrezas profesionales • Internado de verano en Estados Unidos

	convierta en científicos, con buenas destrezas de comunicación y que entienden la importancia de incorporar a la sociedad en la búsqueda de respuestas a las preguntas científicas.			• Actividades de impacto comunitario
P2	La meta general es aumentar la cantidad de estudiantes hispanos en programas graduados en neurociencia, y que finalmente culminen su grado doctoral en esta área.	• 16 estudiantes subgraduados	• Biología • Química • Psicología	• Becas de investigación por dos años con experiencia de investigación mentorizada • Talleres desarrollo de destrezas profesionales • Seminarios de científicos • Seminarios reclutamiento • Secuencia curricular con enfoque en neurociencia • Internado de verano en Puerto Rico y Estados Unidos • Participación en congreso profesional
P3	Aumentar la diversidad en la fuerza de trabajo en investigación en ciencia de datos y en grandes volúmenes de datos. Programa de entrenamiento interdisciplinario en Big Data que provee	• 6 estudiantes subgraduados	• Biología • Química • Programa Interdisciplinario en Ciencias • Matemáticas • Ciencia de cómputo	• Secuencia curricular en Big Data • Internado de verano en Estados Unidos • Talleres desarrollo de destrezas en manejo de datos

	la oportunidad de participar en un internado de verano en uno de los tres centros asociados.			
P4	Los dos programas tienen como objetivo directo aumentar el número de estudiantes hispanos que completan su grado doctoral en ciencias biomédicas. En el caso de los estudiantes graduados, se desea aumentar la cantidad de postdoctorados una vez finalizado el doctorado.	• 34 estudiantes subgraduados • 25 estudiantes subgraduados • 34 graduados	En ambos programas: • Biología • Química	• Becas de investigación mentorizadas durante el año académico • Seminarios de científicos • Seminarios reclutamiento • Talleres desarrollo de destrezas profesionales • Internado de verano en Estados Unidos • Participación de congreso profesional • Curso de inglés
P5	A largo plazo se desea establecer como una nueva disciplina la neurociencia ambiental. Para alcanzar este objetivo se establecen enlaces entre la facultad que tiene proyectos de investigación en ambos campos. A su vez, se facilitan experiencias de investigación y adiestramiento a estudiantes hispanos en ambas disciplinas, para que estos al finalizar sus estudios graduados continúen con el	• 11 estudiantes graduados • 15 estudiantes subgraduados durante el verano	• Biología • Ciencias Ambientales • Anatomía	• Becas de investigación mentorizada durante el año académico • Internado de verano para estudiantes subgraduados • Curso introducción a neurociencia ambiental • Seminarios científicos • Actividades de impacto comunitario

establecimiento y el
desarrollo de esa
nueva disciplina.

5.1.3. Dimensiones y categorías de análisis de la información cualitativa

Como se ha comentado previamente, se realizó un examen concienzudo de la información a la luz de las dimensiones y categorías de análisis que se establecieron, facilitando así la exposición de los hallazgos a partir de las narrativas de los participantes. Es importante destacar que las dimensiones abarcan temáticas que se elaboran a partir de las categorías de análisis que la constituyen. La información que se relacionó con los beneficios, factores o dimensiones de destrezas de investigación estuvo integrada por las categorías de destrezas de laboratorio y conocimiento del método científico. Por su parte, la dimensión de destrezas profesionales abarca las categorías de revisión de literatura, manejo de datos y destrezas de comunicación. Finalmente, se presentan los hallazgos que corresponden a las dimensiones de aspectos de personalidad, así como otros relacionados con la investigación.

5.1.3.1. Dimensión I: Destrezas de investigación. La dimensión de las destrezas de investigación agrupa el conjunto de prácticas y saberes que los entrevistados identifican como necesarias para que un estudiante pueda trabajar en un laboratorio realizando investigaciones. Bajo esta dimensión, se analizaron las categorías de destrezas de laboratorio, así como conocimiento del método científico. A continuación, se presentan fragmentos del corpus textual para precisar lo más valioso y rico del contenido del registro de las entrevistas que se relacionan con la categoría de análisis de destrezas de laboratorio.

Tabla 12

Frases codificadas bajo la categoría de destrezas de laboratorio

<i>Categoría</i>	<i>Frases codificadas</i>
Destrezas de laboratorio	P1 Organización. El estudiante debe poder ser organizado en diferentes dimensiones. Primero organización de su tiempo, cómo yo distribuyo mi tiempo para utilizarlo de una manera efectiva, además de organización. Otro renglón bajo eso, pues sería planificación, el cómo yo planifico mis experimentos e identifico “qué necesito”, para poder ejecutarlo y ser exitoso en ello.
	P1 El trabajar en grupo. Destrezas de trabajo en grupo, en que tu puedas ser un líder, pero también puedas ser un miembro de equipo, puedas dar instrucciones, dirigir al equipo, pero también seas capaz de aceptar un rol pasivo en algunas ocasiones para que las metas del equipo se puedan cumplir.
	P1 No solo necesita la creatividad sino la habilidad para resolución de problema, cómo puedo enfrentarme a un problema y poder identificar posibles soluciones y el ser, no sé cómo se diría en español, “resourceful” que son todos los recursos que yo tenga para poder usarlos y resolver un problema.
	P2 Aquí tiene que saber hacer diluciones, ... a veces no saben na’, pero que puedan aprender a hacer soluciones en diferentes concentraciones. Tienen que tener destrezas manuales pa’ poder hacer disecciones.
	P3 Tiene que ser un estudiante que pueda desarrollarse de forma independiente, que pueda trabajar en equipo, que pueda aprender por su cuenta, que busque más.
	P4 Destrezas de manejo de instrumentación sencilla, digamos como medir el ph., cómo medir, pesar, cómo medir absorbancia, adquieres otras destrezas manuales como pipetear, preparar una solución, pesar, pesar por diferencia, hacer la solución, molaridad. Ese tipo de conocimiento básico es importante para ellos, para poderse manejar, como driblear la bola dentro de un laboratorio.
	P4 El estudiante que piensa que se organiza, que el estudiante que está motivado y sobre todo aquel que tiene hambre del progreso.

P4 *Tú tienes que llevar un conocimiento, tienes que llevar unas actitudes hacia la ciencia, actitudes en ética, que eso también se adquiere dentro del laboratorio.*

P5 *El saber la ética de trabajo.*

P5 *La lectura independiente. Al principio sí se les pueden dar unas guías para dirigirla, pero tiene que tener esa curiosidad y ese interés de leer por su cuenta. Que ellos aporten ideas.*

P5 *hay que estar abierto a esas críticas*

A tono con las verbalizaciones de estos profesores, se desprende que cada laboratorio tiene una cultura diferente que se relaciona con el área de investigación. Asimismo, se identifican las maneras en que opera cada laboratorio, la cantidad de personal y las cadenas de mando que en ellos se establecen. Por su parte, se hace énfasis en que, sin importar el tema de investigación, para que un estudiante se integre en el trabajo de un laboratorio debe tener unos conocimientos básicos que le permitan emplear protocolos de investigación y regulaciones de seguridad desde una conducta ética. De igual forma, el estudiante debe aprender, desarrollar y aplicar destrezas técnicas que faciliten el manejo de instrumentación relacionada con el área de investigación. Los profesores comentan que, por lo general, a cada estudiante se le asigna un trabajo de investigación independiente o una tarea específica adscrita a una investigación más grande. En este sentido, se resalta que el estudiante debe tener la capacidad de trabajar de manera independiente, proactiva y crítica para aportar ideas, resolver problemas y brindar soluciones. Asimismo, destaca la importancia de la organización, el manejo del tiempo y los recursos. Finalmente, los profesores resaltan que las investigaciones no se dan en un contexto aislado, por lo que los estudiantes deben ser capaces de trabajar colaborativamente, lo que requiere que sean receptivos para ofrecer y aceptar críticas por parte de sus pares.

A fin de abordar la categoría que se tituló “método científico”, a continuación, se presentan fragmentos de las narrativas que los participantes aportaron con relación a este tema.

Tabla 13

Frases codificadas bajo la categoría de método científico

<i>Categoría</i>	<i>Frases codificadas</i>
Método científico	P1 <i>Capacidad de poder integrar conocimiento. Conocimiento sobre todo en nuestro centro donde trabajamos en la interface de disciplinas y, pues, es necesario que el estudiante conozca un poco de lo que son las ciencias físicas. Que también conozcan de las ciencias ambientales y, pues, ciencias sociales, porque, como en el centro queremos integrar a la comunidad, es vital que el estudiante pueda hacer eso.</i>
	P1 <i>En un estudiante de investigación, tú puedes ser muy organizado, pero es un poco aleatorio y dependiendo del proyecto. Entremedio, puede haber muchas variaciones y alteraciones.</i>
	P1 <i>Yo puedo conocerme todas las leyes que están asociadas a una disciplina y recitarlas, pero si no sé, con esa información que yo tengo, cómo puedo interpretarla para la resolución de problema... Si yo quiero pasar de lo que es conocer la ciencia a crear nuevos conocimientos dentro de la ciencia, es importante el conocimiento científico y el conocimiento técnico.</i>
	P1 <i>Dentro de un laboratorio de investigación, podríamos decir que eso es una experiencia tipo capston, donde todo eso que el estudiante ha ido aprendiendo lo tiene que integrar para resolver problemas, para comunicar cuál es mi solución a ese problema o cuáles son los logros.</i>
	P2 <i>Se mete en el proyecto y, claro, lo ideal es que la persona haga el proyecto suyo, y que entienda lo que está haciendo, que pueda aportar a lo que está haciendo y que no sea meramente una persona de...qué hago ahora, qué hago ahora, eso no es lo que tú quieres, sino tú quieres a alguien que pueda entender exactamente lo que está pasando.</i>
	P2 <i>Lo básico es saber los experimentos que tú has hecho, qué es lo que has hecho, entender lo que has hecho, proponer experimentos, eso es lo más importante.</i>
	P3 <i>Tiene que haber una preparación académica básica.</i>

P3 *Yo creo que tiene que haber una dosis importante de curiosidad intelectual. No puede ser ¡un estudiante que el mentor tenga que estar sentado todo el tiempo con él.*

P4 *Por qué tengo que hacer eso, por qué no lo tengo que hacer.*

P4 *Un pensador para mí es un estudiante que ve algo y lo relaciona a su vida, “qué es lo que yo voy a estar haciendo con esto”.*

P4 *El programa te va a pedir un reporte que incluya los resultados, una discusión, y lo que vas a hacer en el próximo semestre.*

P5 *Tener esa curiosidad de hacer preguntas de cosas nuevas, que es el motor que hay detrás de lo que es la investigación.*

P5 *Que traten de identificar: mira esa pregunta es bien amplia, pero a mí me gustaría averiguar esto en particular.*

P5 *El proceso de qué es contestar unas preguntas.*

P5 *El que se intentan cosas y muchas veces no funcionan, y hay que planear de nuevo.*

P5 *El método científico, identificar las preguntas, cómo puedo contestar la pregunta, el diseño experimental.*

P5 *Que puedan llegar a un punto donde dicen: “lo que yo estaba planteando no es lo que resultó de lo que estoy observando. Si no está dando lo que tú propusiste, tienes que replantear o tienes que interpretarlo de otra manera.*

Como podemos ver, los entrevistados resaltan la importancia de que el estudiante de investigación tenga una preparación académica básica que le permita entender los conceptos y teorías circunscritas al tema bajo estudio. No obstante, los profesores indican que, más allá de poseer conocimiento, el estudiante debe ser capaz de integrarlo a su práctica diaria. A modo general, indican que el estudiante debe ser crítico, capaz de integrar los conceptos del método científico como diseño experimental, así como la identificación y el poner a prueba las hipótesis. En esta dirección, puntualizan la importancia de tener curiosidad intelectual a fin de generar

preguntas y reformular nuevas alternativas para el inquirir científico con el propósito de proponer estrategias para solucionar limitaciones encontradas en la investigación.

5.1.3.2. Dimensión II: Destrezas profesionales. Bajo esta dimensión se agrupan aquellas destrezas profesionales que todo estudiante debe desarrollar, realice o no investigaciones. En esta dimensión se incluyeron destrezas transversales a todas las profesiones dentro del área de STEM, tales como la revisión de literatura, el manejo de datos, y la comunicación como una de sus categorías de análisis. En este apartado se van a presentar aquellos fragmentos de texto que durante las entrevistas los participantes aportaron en relación con cada categoría.

Tabla 14

Frases codificadas bajo la categoría de revisión de literatura

<i>Categoría</i>	<i>Frases codificadas</i>
Revisión de literatura	P1 <i>La alfabetización científica del estudiante, el poder leer, conocer la literatura. Es esencial que el estudiante gane esas destrezas para no reinventar la rueda sino para mejorarla, de acuerdo a la información que ya hay disponible.</i>
	P1 <i>Interpretar la literatura.</i>
	P5 <i>Entender lo que otros han hecho para poder identificar qué cosas faltan por hacer.</i>
	P5 <i>Le tiene que gustar la lectura.</i>
	P5 <i>Tiene que saber evaluar la literatura</i>

En torno a la categoría de revisión de literatura, dos profesoras destacaron la importancia de desarrollar y cultivar la lectura. Una de ellas menciona la relevancia que tiene desarrollar la alfabetización científica en los estudiantes, y las dos concurren en la importancia de realizar revisiones de literatura de una manera crítica a fin de analizar, interpretar y, posteriormente, incorporar la información a la investigación.

Tabla 15

Frases codificadas bajo la categoría de manejo de datos

<i>Categoría</i>	<i>Frases codificadas</i>
Manejo de datos	P1 <i>Poder diseñar, ejecutar e interpretar lo que son mis resultados. Esas destrezas son esenciales.</i>
	P2 <i>Tener ciertas destrezas matemáticas.</i>
	P2 <i>Saber computadora hoy en día es súper importante en la ciencia.</i>
	P3 <i>Conocimientos básicos en estadística.</i>
	P3 <i>Familiaridad con un lenguaje estadístico, de programación estadística, ya sea que usen Python o que puedan usar R.</i>
	P4 <i>Estadística, y puede tener un adiestramiento matemático y una experiencia analizando cosas.</i>
	P5 <i>Recopilar los datos, cómo los analizo y qué conclusiones puedo obtener y cuáles no.</i>
	P5 <i>El concepto de que tú tienes que evaluar los datos objetivamente y ver hasta dónde puedes concluir y hasta dónde no.</i>
	P5 <i>Reconocer qué es lo que dicen los datos.</i>

Todos los profesores verbalizaron la importancia de desarrollar destrezas para el manejo de los datos, destacando la importancia de un conocimiento estadístico y matemático básico que permita al estudiante identificar qué análisis realizar con los datos que maneja, a fin de interpretar los resultados y derivar conclusiones a la luz del contexto en el que trabaja. Una de las profesoras resaltó la importancia de manejar programación para realizar análisis estadísticos.

En cuanto a la categoría de destrezas de comunicación de los profesores, se aprecia que, para los entrevistados, un estudiante de investigación debe poseer destrezas de comunicación oral

y escrita que le permitan transmitir el conocimiento, tanto a la comunidad científica como al público en general. Los facultativos destacan el incremento en productividad científica como uno de los beneficios que los estudiantes que participan de experiencias de investigación obtienen, puesto que tienen la oportunidad de compartir los resultados de sus investigaciones mediante publicaciones, así como otro tipo de manuscritos. Dos facultativos resaltaron la importancia del dominio del inglés, tanto de forma escrita como oral.

Tabla 16

Frases codificadas bajo la categoría de destrezas de comunicación

<i>Categoría</i>	<i>Frases codificadas</i>
Destrezas de comunicación	P1 <i>Buenas destrezas de comunicación tanto escrita como de manera oral es clave para que el estudiante pueda tener éxito. El poder comunicar qué es lo que yo quiero hacer, cómo lo voy a hacer, el poder tener una buena comunicación de lo que es mi proyecto para poder “engage” a posibles colaboradores.</i>
	P1 <i>Puedo recitar todo lo que hay en la ciencia, y si soy un buen comunicador pues que, con ese conocimiento que tengo, lo puedo pasar a otro grupo de personas.</i>
	P1 <i>Que él mismo tome conciencia de lo importante que es comunicar mi ciencia, y comunicar la ciencia no es solo publicar artículos en revistas dirigidas por científicos, es salir a los medios, hablar con las comunidades, hablar en las escuelas. Es salir a hablar usando un lenguaje que sea apropiado.</i>
	P1 <i>La oportunidad de un estudiante que hace investigación va tener publicaciones, y dentro del área de investigación una publicación es como una culminación, o la evidencia máxima que puedas tener de tu productividad.</i>
	P2 <i>Que también pueda sentarse con los investigadores que vienen de visita y explicarles de lleno todo lo que está haciendo.</i>
	P2 <i>Tú tienes a veces a estudiantes que son muy buenos investigando, pero no, no pueden explicar lo que están haciendo, o les da pánico hablar. Sobre todo, los estudiantes puertorriqueños que no quieren hablar inglés, eso es matador. Y entonces, eso, pues los va a perjudicar en su carrera y punto.</i>
	P3 <i>Saber escribir hoy en día es importantísimo. La parte de escritura es un poquito más difícil, porque es escritura en inglés.</i>

P4 *En la escuela graduada te van a pedir escribir un abstract, el programa te hace escribir un abstract desde que entras. En la escuela graduada te piden reportes todo el tiempo, el programa te va a pedir un reporte. Te van a pedir un “personal statement”.*

P5 *Muchos estudiantes piensan: “¿cómo aprendo a escribir?” Y aprendes leyendo.*

P5 *Pero para dar a conocer eso a los que están fuera del laboratorio hay que escribirlo, hay que preparar un manuscrito y someterlo a una publicación, y en el proceso científico implica que otros lo revisen y lo critiquen.*

P5 *Muchas veces la limitación es que hay que escribir en inglés, que es el lenguaje de la ciencia hoy en día, y para muchos ya es difícil escribir en español, más difícil es hacerlo en inglés.*

5.1.3.3. Dimensión III: Aspectos de la personalidad. Bajo esta dimensión, se agrupan aquellos atributos que los facultativos identificaron como importantes para que un estudiante ingrese en un laboratorio y lograr así su retención de cara a carreras científicas en las cuales la investigación en laboratorios es esencial. En tanto que esta dimensión abarca los atributos relacionados con la integración de los estudiantes a un laboratorio de investigación, son destacables las categorías de análisis de identidad científica y clarificación de carreras futuras, pues el propósito ulterior es que el estudiante se visualice como científico.

Tabla 17

Frases codificadas bajo la categoría de identidad científica

<i>Categoría</i>	<i>Frases codificadas</i>
Identidad científica	P1 <i>Lo que es la creatividad dentro del estudiante para poder ser un buen científico. La creatividad siempre tiene que estar presente para llevar a cabo tu investigación.</i>
	P1 <i>Que ese estudiante, dentro de su formación, vaya tomando un rol activo.</i>
	P1 <i>Otra área importante de estos programas federales que es el, la implementación de “body system” y “role model” donde el estudiante que está en una etapa más elevada, le sirva de modelo y haga ese proceso de identificación y, pues, proyectarme: “yo en el futuro quiero ser como este estudiante que ya es científico en un nivel más avanzado”.</i>
	P1 <i>Donde el estudiante también sienta que no solo es un empleado que sigue unas instrucciones, sino que tiene que contribuir con sus ideas y su punto de vista, que es válido y se va a estar considerando para el avance de la ciencia.</i>
	P2 <i>Lo más importante yo diría que es el interés, y que tengan el interés de que cuando no saben algo lo aprendan.</i>
	P2 <i>O sea, el truco aquí es que tú le das un proyecto y ves cómo esa persona se mete en el proyecto y, claro, lo ideal es que la persona haga un proyecto suyo.</i>
	P2 <i>Que trabaje como una bestia, mucho. Que esté metido de lleno en una investigación.</i>
	P2 <i>El networking y el conocer gente. Eso es súper importante.</i>
	P2 <i>Lo veo en los mismos estudiantes que se sienten científicos, o sea, ellos de momento se sienten que son parte, y presentan en meetings, y presentan artículos. O sea, ellos mismos se van integrando, y creo que es súper importante en el momento en que te sientes parte, pues lo haces.</i>
	P3 <i>La chispa de la creatividad.</i>
	P3 <i>Y para que un estudiante tenga el potencial de convertirse en un investigador tiene que tener ese deseo de ir más allá.</i>
	P3 <i>Los estudiantes, realmente descubren en la realidad qué significa ser un investigador, qué cosas puede aportar un investigador. Se pueden dar cuenta, por ejemplo, los estudiantes de biología, de que la estadística es una herramienta muy útil para crear conocimiento en su área.</i>
	P3 <i>Que un estudiante realmente decida: “yo quiero dedicarme a la investigación científica”.</i>

P3 *Ver la realidad no es ver solamente lo que me dice la revista, lo que me dice, lo que dice el periódico. No, es ver cómo se hace día a día, qué vive un investigador. Es relacionarme con personas que pueden venir de todos los Estados Unidos.*

Categoría	Frases codificadas
Identidad científica	P4 <i>Se crea en el estudiante este “ownership”.</i>
	P4 <i>Pero soy parte de un programa que me ha hecho así”.</i>
	P4 <i>Coercividad entre ellos.</i>
	P4 <i>Entran a ese laboratorio y tienen la oportunidad de que ahora, lo que era bonito, lo que se veía bonito, lo que suena bonito, lo pongo en práctica y veo si me gusta de verdad.</i>
	P4 <i>Es importante que ellos encuentren la identidad de su ser científico rápido, y el laboratorio es lo que lo produce. Obviamente, una vez ya encuentras esa identidad, te quedas en un laboratorio trabajando. Mientras más absorbas de ese laboratorio y mientras más le dediques tiempo, es como un vicio, vas a seguir queriendo más, más, más, más. Y esa es la forma de tú irte adiestrando, cogiendo las herramientas para la escuela graduada.</i>
	P4 <i>Vienen los que tienen aquí (los reclutadores), tiene la oportunidad de hacer toda la relación. Es networking.</i>
	P4 <i>Ser un “hard worker” no tiene que ser “workaholic”, sino simplemente trabajar duro y ser un pensador.</i>
	P5 <i>Yo creo que lo más importante es la motivación. En términos de que dediquen el tiempo que se espera, y que se enfoquen completamente en lo que es el trabajo del laboratorio.</i>
	P5 <i>“Yo no sabía que esto se podía hacer, o qué podía hacer con este tipo de cosas”.</i>
	P5 <i>Cuando el propio estudiante descubre lo que es investigación y qué le gusta. Hay otros que vienen pensando que les gusta, y se dan cuenta que “esto no es lo que yo pensaba”.</i>
	P5 <i>Tener la experiencia previa de ver cómo es.</i>

Los cinco entrevistados puntualizaron que participar de experiencias de investigación permite al estudiante conocer, de primera mano, lo que significa e implica ser un científico. Conjuntamente, expresan que estas experiencias promueven que el estudiante se conciente de la relevancia y contribución que su proyecto de investigación tiene para la ciencia. A su vez, los profesores indicaron que estas experiencias fomentan la integración del estudiante en la comunidad científica, lo que promueve que el estudiante asuma un rol activo y demuestre compromiso con su trabajo. También, expresaron que el grado de compromiso del estudiante se puede observar en el tiempo que le dedica a realizar experimentos, así como en la responsabilidad y la creatividad que muestra al trabajar y valorar su proyecto de investigación. Tres facultativos destacaron que otro de los beneficios que aportan las experiencias de investigación es la creación de redes de apoyo con otros científicos. De acuerdo con los profesores, estas aportaciones fomentan que el estudiante se identifique como un científico.

Tabla 18

Frases codificadas bajo la categoría de clarificación de carreras futuras

<i>Categoría</i>	<i>Frases codificadas</i>
Clarificar carreras futuras	P1 <i>Y esas destrezas, ese desempeño en el estudiante, en muy pocos escenarios académicos de cursos puedes lograr el desarrollo de todas esas actividades de manera simultánea. Así que, un estudiante que no ha hecho investigación versus un estudiante que ha hecho investigación, esa ganancia en conocimiento y en destrezas, se va a notar. Así que cuando ese estudiante vaya a aplicar para una escuela graduada, pues va a tener una experiencia previa.</i>
	P2 <i>Tienes otros que de momento les cambia la vida, o sea, el hecho de que les gusta, esto es lo que ellos quieren hacer. Se embollan en la parte de investigación, y esa es la parte que eventualmente tú los vas a ver moviéndose hacia el doctorado o hacia el MD/PhD. ¿Verdad que está muy de moda? Y cambian su meta inicial.</i>
	P2 <i>Tú los oyes, o sea, ellos mismo discuten qué escuela es mejor, qué escuela es peor, qué es lo que hay que hacer, qué clases deben coger. Tú tienes un grupo de apoyo ahí que los va moviendo.</i>
	P2 <i>No lo tiene tan claro a veces. A dónde va, cómo llegar, qué es lo que hay que hacer. Ese tipo de cosas es lo que el programa te provee, o sea, es esa estructura que te dirige.</i>
	P3 <i>Veo estudiantes que empezaron con nosotros y, hoy en día, están haciendo programas en maestría y doctorado en otras universidades en neurociencia, en otras áreas, y de repente empezaron hasta en la facultad de humanidades y se han desarrollado. Pienso que este tipo de programas realmente puede tener un impacto bien fuerte sobre las decisiones que un estudiante tome más adelante.</i>
	P3 <i>Un proceso de doctorado y un proceso de convertirse en investigador es un proceso emocionalmente complicado. Es un proceso emocionalmente complicado porque es un objetivo. Es básicamente que la vida de uno gira alrededor de eso durante un tiempo, y donde uno tiene que demostrar que no, uno necesita automotivación. No puedes esperar que la motivación venga de afuera, y no puedes esperar que nadie se responsabilice por tu aprendizaje y por tu progreso. Tú tienes que ser el único responsable de tu progreso.</i>
	P4 <i>Ellos ven la capacidad que tienen, y dicen: “espérate, yo estoy en este mundo y he logrado estar aquí, tengo esta capacidad”.</i>
	P4 <i>Búsqueda de escuelas graduadas.</i>
	P4 <i>Si tú no tienes la investigación la universidad no te va a querer, porque tú vas a entrar a un programa de investigación a nivel graduado.</i>
	P4 <i>Está accesible a toda la comunidad, pues es el reclutamiento.</i>

P5 El descubrir sobre la marcha que hay otras maneras también de expresar ese interés en las ciencias.

P5 Es una manera temprana de que puedan tener una idea de cómo es la carrera, y saber si va a tono con la forma de ser de ellos o sus intereses.

P5 Es esencial para que sepan si van a seguir en esa línea, o si lo que les conviene es otra cosa.

De acuerdo con la información provista, todos los facultativos reconocen que la finalidad de una experiencia de investigación es poder desarrollar al estudiante académica y profesionalmente. Así pues, los profesores resaltan la relevancia de concretar espacios para exponer a los estudiantes a diferentes áreas en las que se apliquen las ciencias, a fin de fomentar su interés por continuar estudios en estas carreras. De igual forma, resaltan que estas experiencias promueven la autoconfianza en los estudiantes. En esta dirección, los profesores indicaron que participar de estos programas permite al estudiante tener de primera mano unos conocimientos que lo hacen estar preparado para el momento en el que han de tomar decisiones respecto a los próximos pasos en su carrera académica.

5.2. Desarrollo del instrumento de investigación

Esta fase cualitativa permitió recabar evidencias empíricas de los factores que un grupo de facultativos, que dirigen programa de entrenamiento en investigación, identifican como necesarios para que los estudiantes sean exitosos. A fin de validar las dimensiones y categorías que se identificaron de las entrevistas con la literatura existente, se procedió a revisar instrumentos que actualmente se utilizan para evaluar los beneficios que obtienen los estudiantes como consecuencia de su participación en experiencias de investigación, con el propósito de establecer modelos

teóricos que faciliten el entendimiento referente a los beneficios que muestran los estudiantes y cómo estas experiencias fomentan la retención en STEM.

5.3. Revisión de la literatura

En este apartado, hemos tratado de identificar las líneas teóricas que existen en la literatura y contrastarlas con las dimensiones y categorías resultantes de la fase cualitativa, lo que nos permitirá abordar la validez de contenido del instrumento. Dicha validez de contenido hace referencia al grado en que el instrumento refleja los componentes que definen el dominio del contenido del fenómeno bajo estudio (Martínez Arias & Hernández Lloreda, 2006).

A la luz de los resultados de la revisión de literatura se identificaron siete instrumentos que evalúan beneficios en áreas conceptuales similares a las dimensiones y categorías resultantes de la fase cualitativa, como son: las destrezas específicas necesarias para el trabajo en el laboratorio; las destrezas de investigación; las características afectivas relacionadas con la confianza y autoeficacia para realizar investigación y trabajar como parte de un equipo en el laboratorio; los comportamientos o actitudes necesarias para trabajar como parte de la comunidad científica; y la preparación para lograr el futuro académico y profesional que se desea.

En la tabla 19 se presenta un resumen de los instrumentos que se identificaron en la literatura. Llegados a este punto, es importante mencionar que, tanto los conceptos como los ítems, y sus respectivas escalas de respuesta se conservaron en el idioma original, en inglés, puesto que la administración del instrumento se realizó en este idioma. No obstante, para propósitos de este trabajo se presenta una traducción al castellano de cada ítem.

Tabla 19

Instrumentos como referentes para la validación de los datos obtenidos

<i>Autor, artículo y breve descripción de lo que mide el instrumento</i>		
Kardash CM (2000). <i>Evaluation of an undergraduate research experience: perceptions of undergraduate interns and their faculty mentors</i> . J Educ Psychol 92, 191–201. doi: 10.1037//0022-0663.92.1.191		
Evalúa destrezas de investigación, comunicación, manejo de datos, revisión de literatura y destrezas de laboratorio.		
<i>Ítems</i>	<i>Traducción</i>	<i>Propiedades psicométricas y escala de respuesta</i>
1. Understand contemporary concepts in your field.	1. Comprende conceptos contemporáneos en su campo.	Estudiantes ($\alpha = .90$) Facultad ($\alpha = .96$)
2. Make use of primary scientific research literature in your field (e.g., journal articles).	2. Hace uso de literatura científica primaria en su campo (ej. artículos de revistas científicas).	
3. Identify a specific question for investigation based on the research in you field.	3. Identifica una pregunta específica para investigación basado en investigaciones en su campo.	Escala de 5 puntos 1= not at all to 5= a great deal
4. Formulate a research hypothesis based on a specific question.	4. Formula una hipótesis de investigación basada en una pregunta específica.	
5. Design an experiment or theoretical test of the hypothesis.	5. Diseña un experimento o una prueba teórica de la hipótesis.	
6. Understand the importance of “controls” in research.	6. Comprende la importancia de los “controles” en la investigación.	
7. Observe and collect data.	7. Observa y recoge datos.	
8. Statistically analyze data.	8. Realiza análisis estadísticos de los datos.	
9. Interpret data by relating results to the original hypothesis.	9. Interpreta los datos relacionando los resultados con la hipótesis original.	
10. Reformulate your original research hypothesis (as appropriate).		
11. Related results to the “bigger picture” in your field.		
12. Orally communicate the results of your research projects.		
13. Write a research paper for publication.		

14. Think independently.	10. Reformula su hipótesis original de investigación (según sea apropiado).	
	11. Relaciona los resultados con el “panorama general” en su campo.	
	12. Comunica los resultados de sus proyectos de investigación de forma oral.	
	13. Escribe un artículo para publicación.	
	14. Piensa de manera independiente.	
Autor, artículo y breve descripción de lo que mide el instrumento	Adedokun, O. A., Bessenbacher, A. B., Parker, L. C., Kirkham, L. L., & Burgess, W. D. (2013). <i>Research skills and STEM undergraduate research students' aspirations for research careers: Mediating effects of research self-efficacy</i> . Journal of Research in Science Teaching, 50, 940–951. doi: 10.1002/tea.21102	
	Modificación del instrumento de Kardash antes expuesto.	
Ítems	Traducción	Propiedades psicométricas y escala de respuesta
<u>Data skills</u>	<u>Destrezas con los datos</u>	Confiabilidad total ($\alpha = 0.88$)
1. Abilities to observe and collect data.	1. Habilidades para observar y recoger datos.	
2. Organize and enter data into spreadsheets.	2. Organiza y entra datos en hojas de cálculo.	Data skills ($\alpha = .82$)
3. Conduct statistical analysis using computer software.	3. Realiza análisis estadísticos utilizando programados.	
4. Interpret data.	4. Interpreta los datos.	Communication skills ($\alpha = 0.79$)
5. Relate results to “the bigger picture” in their field.	5. Relaciona los resultados con el “panorama general” en su campo.	
<u>Communication skills</u>	<u>Destrezas de comunicación</u>	Literature reviews skills ($\alpha = 0.77$)
1. Writing the results of experiments.	1. Escribe los resultados de los experimentos.	
2. Documenting research procedures.		Laboratory skills ($\alpha = 0.58$)
3. Orally communicating research findings.		

4. Writing a paper for publication.	2. Documenta los procedimientos de investigación.	Escala de 5 puntos 1=not at all to 5=a great deal
5. Preparing a research poster.	3. Comunica los resultados de investigación de forma oral.	
	4. Escribe un artículo para publicación.	
	5. Prepara un póster de la investigación.	

Literature reviews skills

1. Ability to conduct literature searches.
2. Literature reviews.
3. Understand a journal article.

Destrezas de revisión de literatura

1. Habilidad para realizar búsquedas literarias.
2. Revisiones de literatura.
3. Comprende un artículo de revista científica.

Laboratory skills

1. Skills in following experimental research procedures.
2. Working independently on research projects.

Destrezas de laboratorio

1. Destrezas siguiendo procedimientos de experimentos.
2. Trabaja de forma independiente en proyectos de investigación.

<i>Autor, artículo y breve descripción de lo que mide el instrumento</i>	Lopatto, D. (2007). Undergraduate Research Experiences Support Science. <i>CBE Life Sciences Education</i> , 6, 297–306. https://doi.org/10.1187/cbe.07
	Evalúa variables asociadas con la experiencia educativa de los estudiantes en variables académicas y afectivas.

<i>Ítems</i>	<i>Traducción</i>	<i>Propiedades psicométricas y escala de respuesta</i>
1. Ability to integrate theory and practice.	1. Habilidad para integrar la teoría y la práctica.	Escala de 5 puntos

2. Understanding that scientific assertions require supporting evidence.	2. Entiende que las afirmaciones científicas requieren evidencia que las sustenten.
3. Ability to analyze data.	3. Habilidad para analizar datos.
4. Understanding science.	4. Comprende ciencia.
5. Learning ethical conduct.	5. Aprende conducta ética.
6. Learning lab techniques.	6. Aprende técnicas de laboratorio.
7. Ability to read primary literature.	7. Habilidad para leer literatura primaria.
8. Skill in how to give an effective oral presentation.	8. Destrezas en cómo hacer una presentación oral efectiva.
9. Skill in science writing.	9. Destrezas en escribir ciencia.
10. Self-confidence.	10. Autoconfianza.
11. Understanding of how scientists think.	11. Comprende cómo piensan los científicos.
12. Learning to work independently.	12. Aprende a trabajar de forma independiente.
13. Becoming part of a learning community.	13. Forma parte de una comunidad de aprendizaje.
14. Clarification of a career path.	14. Aclaración de la trayectoria profesional.
15. Understand how knowledge is constructed.	15. Comprende como se construye el conocimiento.
16. Skills in interpretation of results.	16. Destrezas en interpretación de resultados.
17. Tolerance for obstacles.	17. Tolerancia ante los obstáculos.
18. Understand how scientists work on problems.	18. Comprende cómo los científicos trabajan los problemas.
19. Readiness for more demanding research.	19. Está listo para investigaciones mas exigentes.
20. Understanding of the research process.	20. Comprende el proceso de investigación.

*Autor, artículo y breve
descripción de lo que mide el
instrumento*

Weston, T. J., & Laursen, S. L. (2015). The Undergraduate Research Student Self-Assessment (URSSA): Validation for Use in Program Evaluation. *Cell Biology Education- Life Science Education*, 14(3), 1–10. <https://doi.org/10.1187/cbe.14-11-0206>

Permite a los estudiantes autoevaluar sus logros en áreas cognitivas, de comportamiento y afectivas. Tiene un total de 35 ítems en cuatro categorías: destrezas, pensar y trabajar como un científico, logros personales y actitudes, y comportamientos como investigador.

<i>Ítems</i>	<i>Traducción</i>	<i>Propiedades psicométricas y escala de respuesta</i>
<u>Thinking and working like a scientist</u>	<u>Pensando y trabajando como un científico</u>	Pensar y trabajar como un científico ($\alpha = 0.88-0.90$)
1. Analyzing data for patterns.	1. Analiza datos para identificar patrones.	
2. Figuring out the next step in a research project.	2. Determina cual será el próximo paso en un proyecto de investigación.	Logros personales ($\alpha = 0.90-0.91$)
3. Problem solving in general.	3. Resolución de problemas en general.	
4. Formulating a research question that could be answered with data.	4. Formula una pregunta de investigación que puede ser contestada con datos.	Destrezas ($\alpha = 0.91-0.92$)
5. Identifying limitations of research methods and designs.	5. Identifica las limitaciones de los métodos y diseños de proyectos de investigación.	
6. Understanding the theory and concepts guiding my research project.	6. Entiende la teoría y conceptos que dirigen su proyecto de investigación.	Actitudes y comportamientos como investigador ($\alpha = 0.83-0.84$)
7. Understanding the connections among scientific disciplines.	7. Entiende las conexiones entre las distintas disciplinas.	
8. Understanding the relevance of research to my course work.	8. Entiende la relevancia de la investigación en su currículo.	Escala de percepción en ganancia de 5 puntos 1 = no gains to 5 = great gains
<u>Personal gains</u>	<u>Ganancias personales</u>	
1. Confidence in my ability to contribute to science.	1. Confianza en mi habilidad para contribuir a la ciencia.	
	2. Comodidad trabajando en colaboración con otros.	

-
2. Comfort in working collaboratively with others. 3. Confidence in my ability to do well in future science courses. 4. Ability to work independently. 5. Developing patience with the slow pace of research. 6. Understanding what everyday research work is like.	3. Confianza en mi habilidad de tener un buen desempeño en futuros cursos de ciencia. 4. Habilidad para trabajar de manera independiente. 5. Desarrolla paciencia para con el ritmo lento de la investigación. 6. Entiende como es el día a día del trabajo de investigación.

Skills

1. Writing scientific reports or papers.
2. Making oral presentations.
3. Defending an argument when asked questions.
4. Explaining my project to people outside my field.
5. Preparing a scientific poster.
6. Keeping a detailed lab notebook.
7. Conducting observations in the lab or field.
8. Using statistics to analyze data.
9. Calibrating instruments needed for measurement.
10. Understanding journal articles.
11. Conducting database or Internet searches.
12. Managing my time.

Attitudes and behaviors

1. Engage in real-world science research.
 2. Feel like a scientist.
 3. Think creatively about the project.
 4. Try out new ideas or procedures on your own.
-

Destrezas

1. Escribe reportes o artículos científicos.
2. Realiza presentaciones orales.
3. Defiende un argumento cuando se le hacen preguntas.
4. Explica su proyecto a personas fuera de su campo.
5. Prepara un póster científico.
6. Mantiene una libreta de laboratorio detallada.
7. Realiza observaciones en el laboratorio o en el campo.
8. Usa estadísticas para analizar datos.
9. Calibra instrumentos necesarios para la medición.
10. Comprende artículos de revistas científicas.
11. Realiza búsquedas en Internet o en bases de datos.
12. Maneja bien el tiempo.

Actitudes y comportamientos

1. Participa en investigación del mundo real.
 2. Se siente con científico.
 3. Piensa de forma creativa sobre un proyecto.
-

5. Feel responsible for the project.	4. Intenta nuevas ideas o procedimientos por su cuenta.	
6. Work extra hours because you were excited about the research.	5. Se siente responsable por el proyecto.	
7. Interact with scientists from outside your school.	6. Trabaja horas extra porque se siente entusiasmado por la investigación.	
8. Feel a part of the scientific community.	7. Interactúa con otros científicos fuera de su institución.	
	8. Se siente parte de la comunidad científica.	
<i>Autor, artículo y breve descripción de lo que mide el instrumento</i>	Estrada, M. B., Francisco, S., Woodcock, A., Marcos, S., Hernandez, P., Schultz, P. W., & Marcos, S. (2011). Toward a Model of Social Influence That Explains Minority Student Integration into the Scientific Community. <i>Journal of Educational Psychology</i> , (May 2014). https://doi.org/10.1037/a0020743 Evalúa el concepto de autoeficacia e identidad científica.	
<i>Ítems</i>	<i>Traducción</i>	<i>Propiedades psicométricas y escala de respuesta</i>
<u>Scientific self-efficacy</u>	<u>Autoeficacia científica</u>	Autoeficacia científica ($\alpha=0.91$)
1. Generate a research question to answer.	1. Genera una pregunta de investigación para responder.	Escala de 5 puntos 1=not at all confident to 5=absolutely confident
2. Use scientific literature and reports to guide research.	2. Utiliza la literatura y los informes científicos para orientar la investigación.	
3. Create explanations for the results of the study.	3. Desarrolla explicaciones para los resultados de la investigación.	
4. Develop theories (integrate results from multiple studies).	4. Desarrolla teorías (integra los resultados de varios estudios).	Identidad científica ($\alpha = .86$)
5. Use technical science skills (use of tools, instruments, and/or techniques).	5. Utiliza destrezas científicas técnicas (uso de	
6. Figure out what data/observations to collect and how to collect them.		

	herramientas, instrumentos, y/o técnicas).	Escala de 5 puntos de acuerdo 1=strongly disagree to 5=strongly agree
	6. Determina qué datos/observaciones se deben recopilar y cómo recopilarlos.	
<u>Scientific identity</u>	<u>Identidad científica</u>	
1. I have a strong sense of belonging to the community of scientists.	1. Tengo un fuerte sentido de pertenencia hacia la comunidad de científicos.	
2. I derive great personal satisfaction from working on a team that is doing important research.	2. Obtengo gran satisfacción personal al trabajar en un equipo que realiza una investigación importante.	
3. I have come to think of myself as a “scientist”.	3. He llegado a pensar de mi mismo como un ‘científico’.	
4. I feel like I belong in the field of science.	4. Siento que pertenezco al campo de la ciencia.	
5. The daily work of a scientist is appealing to me.	5. El trabajo diario de un científico me atrae.	
<i>Autor, artículo y breve descripción de lo que mide el instrumento</i>	Robnett, R. D., Chemers, M. M., & Zurbriggen, E. L. (2015). <i>Longitudinal Associations Among Undergraduates’ Research Experience, Self-Efficacy, and Identity</i> . 52(6), 847–867. https://doi.org/10.1002/tea.21221	
	Evalúa la confianza que tienen los estudiantes en sus habilidades para ser un científico.	
<i>Ítems</i>	<i>Traducción</i>	<i>Propiedades psicométricas y escala de respuesta</i>

1. Relate results and explanations to the work of others.	1. Relaciona sus resultados y explicaciones al trabajo de otros.	Escala de 5 puntos 1= not at all confident to 5= absolutely confident
2. Generate a research question to answer.	2. Produce una pregunta de investigación para contestar.	
3. Use scientific literature to guide research.	3. Utiliza la literatura científica para orientar la investigación.	
4. Create explanations for the results of the study.	4. Desarrolla explicaciones para los resultados del estudio.	
5. Develop theories (integrate results from multiple studies).	5. Desarrolla teorías (integra los resultados de múltiples estudios).	
6. Use scientific language and terminology.	6. Utiliza lengua y terminología científica.	
7. Use technical science skills (use of tools, instruments, and/or techniques).	7. Utiliza destrezas científicas técnicas (uso de herramientas, instrumentos, y/o técnicas).	
Autor, artículo y breve descripción de lo que mide el instrumento		Brenner, P. S., Serpe, R. T., & Stryker, S. (2018). Role-specific Self-efficacy as Precedent and Product of the Identity Model. <i>Social Perspectives</i>, 61(1), 57–80. https://doi.org/10.1177/0731121417697306 Evalúa el concepto de identidad científica y autoeficacia en ciencias. Los ítems que componen la escala de autoeficacia son una modificación del cuestionario de Chemers (2006) y Estrada et al. (2011).
Ítems	Traducción	Propiedades psicométricas y escala de respuesta
<u>Science student identity</u>	<u>Identidad de estudiante de ciencias</u>	Identidad científica ($\alpha = .85$)
1. Being a scientist is an important part of my self-image.	1. Ser un científico es una parte importante de mi autoimagen.	Escala de acuerdo
2. Being a scientist is an important reflection of who I am.	2. Ser un científico es un reflejo importante de quien soy.	1=strongly disagree to
3. I have come to think of myself as a “scientist”.	3. He llegado a pensar de mi mismo como un ‘científico’.	5=strongly agree
4. I have a strong sense of belonging to the community of scientists.	4. Tengo un fuerte sentido de pertenencia hacia la comunidad de científicos.	

<u>Science student self-efficacy scale</u>	<u>Escala de autoeficacia del alumno de ciencias</u>	Autoeficacia del alumno de ciencias ($\alpha = .87$)
1. Generate a research question.	1. Produce una pregunta de investigación.	Escala de 5 puntos 1= not at all confident to 5= absolutely confident
2. Figure out what data to collect and how to collect them.	2. Determina qué datos se deben recopilar y cómo recopilarlos.	
3. Analyze what data/observations mean.	3. Analiza el significado de los datos/observaciones.	
4. Explain study results.	4. Explica los resultados de la investigación.	

Una vez identificados los instrumentos se procedió a analizar cada uno de los ítems en línea con las dimensiones de esta investigación. En el anexo 4 se presenta la agrupación de los ítems que se identificaron en la literatura y su correspondencia con las categorías de análisis de la fase cualitativa de esta investigación. En la última columna de la tabla destacan aquellos elementos emergentes de las entrevistas que no se contemplan en los instrumentos analizados.

El proceso de la realización del análisis “ítem por ítem” nos permitió acercarnos a aquellos componentes cuyo contenido acuña elementos de significación similares a los que emergieron de las entrevistas que se realizaron en la fase cualitativa. Integrar esta estrategia de análisis permitió garantizar la definición de las dimensiones que se representaron, adecuándose a los contenidos que representan las dimensiones que se sustentan de los hallazgos cualitativos. Analizar el contenido mediante el contraste de similitudes y diferencias con las narrativas de los profesores administrativos de programas de entrenamiento en investigación, facilitó la adaptación y creación de ítems en los cuales destacan elementos de contexto asociados con la representación de los conceptos en la población de Puerto Rico.

5.4. Juicio de expertos

Como resultado del ejercicio analítico, se identificaron los elementos que pasaron a formar parte de la primera versión del instrumento. A fin de proveer otras evidencias asociadas al contenido del instrumento que se desarrolló, se integró a un panel de expertos. El trabajo de los jueces permitió aunar evidencias referentes a la relevancia de cada ítem, para así contribuir a cada dimensión que el instrumento pretende evaluar. El ejercicio que implica evaluar la validez de contenido mediante el análisis del grado de emparejamiento entre el ítem y su dimensión, lo realizaron cuatro facultativos que sirven como mentores en programas de entrenamiento de investigación. Estos expertos fueron contactados mediante correo electrónico para extenderles la invitación a participar. En el mensaje del correo electrónico se les presentó el objetivo de la investigación y se adjuntó la primera versión del instrumento junto con la planilla, para la evaluación de expertos del instrumento que tenía como título: “Cuestionario para evaluar las experiencias de investigación en estudiantes”.

La planilla de expertos permitió que los jueces indicasen el grado en que cada ítem cumplía con los criterios que hacían referencia al contenido, redacción, vocabulario y correspondencia con la dimensión a la que pertenece. De igual forma, se les proveyó de un espacio para que cada juez expusiera comentarios relacionados al ítem como unidad y su dimensión como un todo. En el anexo 5 se presentan los resultados del análisis de los jueces. Cabe señalar que se preservó el formato original de la planilla, por lo que el estilo difiere de las tablas que en este escrito se presentan.

5.5. Versión final del instrumento

Una vez que se integraron los resultados que se obtuvieron del análisis por juicio de expertos, se procedió a desarrollar la versión final del instrumento. Con el objetivo de revisar la

gramática del instrumento nos pusimos en contacto con una doctora y catedrática, quien es experta en lingüística inglesa. Integradas las recomendaciones de la evaluación filológica se generó la versión final del instrumento que se incorporó en la etapa cuantitativa de esta investigación mixta (véase anexo 3).

5.6. Fase Cuantitativa

5.6.1. Características de la muestra de la fase cuantitativa

La fase cuantitativa de esta investigación contó con una muestra de 228 estudiantes, los cuales participan activamente en 7 programas que ofrecen diferentes experiencias de investigación. Respecto a la procedencia de los estudiantes participantes, el 83.77% de ellos estaban matriculados en recintos de la universidad pública del Estado. Concretamente, hubo una representación de nueve de los once recintos universitarios de la principal institución académica de Puerto Rico. Por su parte el 16.23% de los estudiantes indicaron que estaban matriculados en una institución de educación superior privada. Todos los programas que tenían matriculados a nuestros participantes tienen como institución matriz al principal recinto universitario público de Puerto Rico. Aunque dichos programas tienen como objetivo principal proveer experiencias de investigación a los estudiantes, sus enfoques están centrados en diferentes campos de la especialidad en STEM. En la figura 21 se muestran, de forma esquemática, las líneas de investigación de cada programa, omitiéndose sus nombres para mantener la confidencialidad. Cabe matizar que dos programas están enfocados en proveer experiencias en temáticas de STEM sin una única línea de investigación específica.

Figura 21

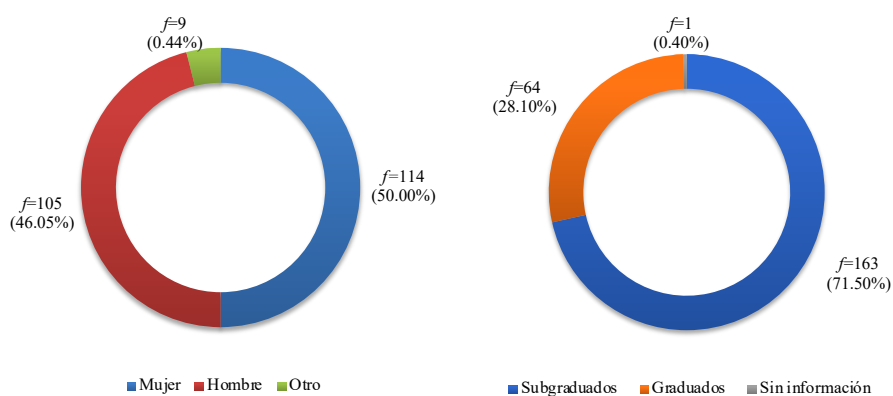
Universidades y líneas de investigación de los programas de los participantes



En relación con la variable sexo de los participantes, en la figura 22 evidencia que la representación fue bastante equitativa entre mujeres (50%) y hombres (46.05%). Considerando una definición inclusiva del género se incluyó una categoría de respuesta de otro, que representó el 3.95% de la muestra. Respecto al nivel académico, la mayoría de los participantes (71.81%) eran estudiantes subgraduados.

Figura 22

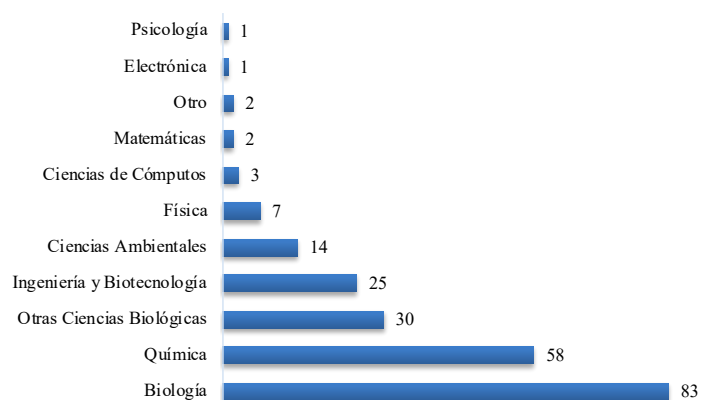
Distribución de la muestra según sexo y nivel académico



Las principales áreas de estudio de los estudiantes (figura 23) fueron biología (36.73%), química (25.66%) y otras ciencias biológicas (13.27%).

Figura 23

Distribución de las concentraciones académicas de los estudiantes



Teniendo en cuenta las variables descriptivas del perfil de los participantes, los estadísticos mostraron que el promedio de tiempo que llevaban participando de investigaciones en laboratorio eran de al menos 5 semestres (figura 24 y tabla 20). Los valores de con mayor frecuencia de selección fueron cuatro (21.70%), dos y seis semestres (ambas con un 13.70%) realizando investigación.

Figura 24

Semestres realizando investigaciones en los programas

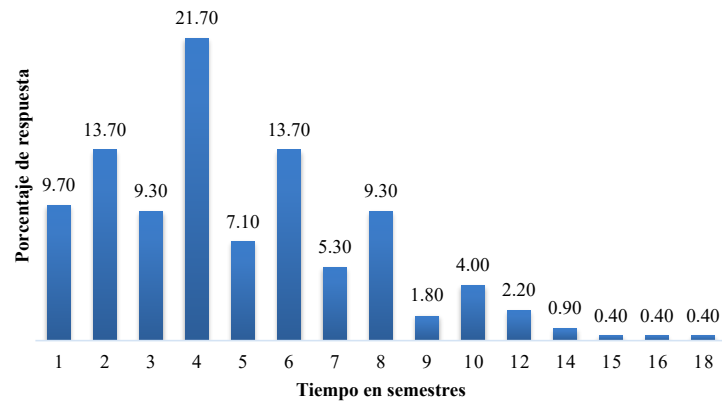


Tabla 20

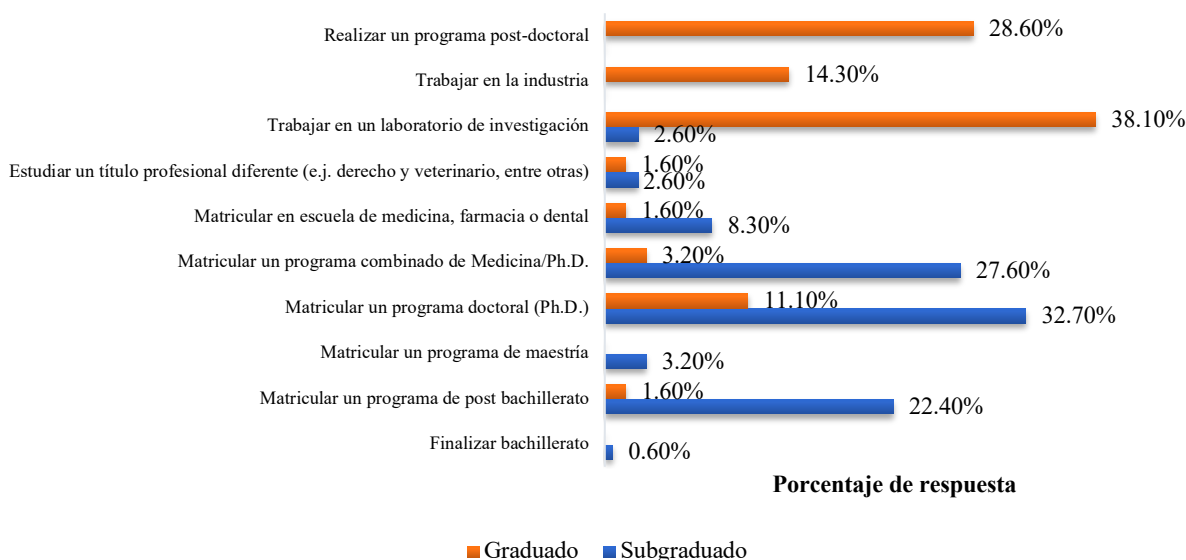
Estadísticos descriptivos de la variable de tiempo realizando investigaciones

Estadísticos	
Promedio	4.97
Desviación típica	3.07
Mediana	
(p25, p75)	4 (3,6)
Moda	4

Referente a los planes futuros (figura 25), se observó que la mayoría de los estudiantes subgraduados desean continuar estudios doctorales (32.70%), un 27,60% quiere continuar estudios combinados de medicina y PhD y un 22,40% matricularse en un programa de post bachillerato. Respecto a los estudiantes graduados, el 38.10% planifica trabajar en un laboratorio, mientras que el 28.60% desea continuar estudios postdoctorales.

Figura 25

Distribución porcentual de los planes futuros de los estudiantes según su nivel académico



5.6.2. Estudio técnico del instrumento

5.6.2.1. Análisis de ítems y fiabilidad. El estudio de las propiedades técnicas del instrumento se inició con el análisis de los ítems bajo la Teoría Clásica de los Test (TCT). Como establecen Martínez, Hernández y Hernández (2006), los ítems son piezas fundamentales para determinar la calidad del instrumento. Así pues, pese a que la TCT se centra en las puntuaciones totales del instrumento, existen procedimientos que permiten analizar cada ítem de manera individual. Como primer paso para el análisis de los ítems, se examinaron las respuestas de los estudiantes a cada ítem, prestando especial atención a las frecuencias de elección de cada una de las alternativas de respuesta. Cada ítem tuvo una escala de respuesta de cinco puntos, lo que permitió al estudiante valorar el beneficio percibido en las destrezas que evaluó con cada premisa. Tal y como se indicó en apartados anteriores, el instrumento se administró en inglés y, por ello, en este análisis se mantuvieron los ítems en su versión original. Sin embargo, para propósitos de esta investigación doctoral se aportará una traducción en español.

De los datos recopilados (ver desde la tabla 21 a la 27) se observa que, para la mayoría de los ítems, entre el 80% y el 96% de las respuestas de los participantes se agruparon en las opciones de repuestas de grandes beneficios (GreatG) y buenos beneficios (GoodG). Estos resultados permiten afirmar que, de forma general, los estudiantes perciben beneficios positivos luego de participar de una experiencia de investigación.

Especialmente, tres ítems que pertenecen al dominio de destrezas generales de laboratorio (General Laboratory Skills, GLS) presentaron los porcentajes de respuestas más altos en las categorías de *GreatG* y *GoodG*. Así pues, se observó que, el 96.5% de los estudiantes indicaron grandes y buenos beneficios en el uso del pensamiento crítico (ítem 9). Simultáneamente, entre el 95% y 96% indicó beneficios en la oportunidad ser proactivo en el trabajo de investigación (ítem 10) y en sus habilidades para proveer y aceptar críticas (ítem 11), luego de participar de experiencias de investigación.

Tabla 21

Frecuencia de respuesta por categoría para los ítems bajo el concepto de destrezas generales de laboratorio

General laboratory skills (GLS)	GreatG	GoodG	MG	LG	NG
1. Skills to follow experimental research procedures. Destrezas para seguir procesos de investigación experimental.	148 (65.8%)	57 (25.3%)	13 (5.8%)	3 (1.3%)	4 (1.8%)
2. Time management to accomplish your research work. Manejo del tiempo para completar el trabajo de investigación.	125 (55.6%)	65 (28.9%)	28 (12.4%)	6 (2.7%)	1 (0.4%)
3. Ability to overcome difficulties optimizing the use of resources. Habilidad de optimizar el uso de recursos para superar dificultades.	148 (65.8%)	52 (23.1%)	22 (9.8%)	3 (1.3%)	0 (0.0%)

4. Willingness to work in collaborative groups. Disposición para trabajar en grupos colaborativos.	167 (74.2%)	35 (15.6%)	17 (7.6%)	2 (0.9%)	4 (1.8%)
5. Ability to work independently on your research. Habilidad para trabajar de manera independiente en su investigación.	166 (73.8%)	44 (19.6%)	12 (5.3%)	3 (1.3%)	0 0.0%
6. Use technical science skills (use of tools, instruments, and/or techniques). Uso de destrezas técnicas en ciencia (manejo de herramientas, instrumentos y/o técnicas).	153 (68.0%)	47 (20.9%)	16 (7.1%)	7 (3.1%)	2 (0.9%)
7. Use of laboratory safety rules to conduct your research. Uso de las reglas de seguridad en el laboratorio al realizar tu investigación.	142 (63.1%)	55 (24.4%)	14 (6.2%)	6 (2.7%)	8 (3.6%)
8. Adhere to ethical norms in your research work. Ceñirse a las normas éticas de su investigación.	172 (76.4%)	35 (15.6%)	11 (4.9%)	6 (2.7%)	1 (0.4%)
9. Use of critical thinking in your research work. Uso de pensamiento crítico en su trabajo de investigación.	174 (77.3%)	43 (19.2%)	5 (2.2%)	2 (0.9%)	1 (0.4%)
10. Being proactive in your research work. Ser proactivo en el trabajo de investigación.	171 (76.0%)	42 (18.7%)	9 (4.0%)	3 (1.3%)	0 (0.0%)
11. Ability to give and accepts criticism. Habilidad para proveer y aceptar críticas.	179 (79.6%)	37 (16.4%)	8 (3.6%)	1 (0.4%)	0 (0.0%)

También, se observó que los estudiantes mayoritariamente indicaron grande y buen beneficio en las destrezas que se evaluaron bajo el concepto de conocimiento del método científico. En esta dirección se resalta que el 92% de los estudiantes expresaron que las experiencias de investigación les permitió obtener un gran y buen beneficio para entender la teoría y conceptos que guían su proyecto de investigación (ítem 1). Por su parte, el 86% de los estudiantes indicaron un gran y bien beneficio en sus destrezas para descifrar los pasos que deben seguir en sus proyectos de investigación (ítem 6).

Tabla 22

Frecuencia de respuesta por categoría para los ítems bajo el concepto de conocimiento del método científico

Scientific method knowledge (SMK)	GreatG	GoodG	MG	LG	NG
1. Understand the theory and concepts that guide your research project. Entender la teoría y conceptos que guían su proyecto de investigación.	163 (72.4%)	44 (19.6%)	15 (6.7%)	1 (0.4%)	2 (0.9%)
2. Ability to integrate theory and practice. Habilidad para integrar la teoría y práctica.	155 (68.9%)	49 (21.8%)	19 (8.4%)	2 (0.9%)	0 (0.0%)
3. Develop scientific questions to guide your research work. Desarrollar preguntas científicas para guiar su trabajo de investigación.	144 (64%)	60 (26.8%)	19 (8.4%)	1 (0.4%)	1 (0.4%)
4. Formulate a research hypothesis based on a specific question. Formular hipótesis de investigación basadas en preguntas específicas.	139 (61.8%)	62 (27.5%)	18 (8.0%)	6 (2.7%)	0 (0.0%)
5. Reformulate your original research hypothesis (as appropriate). Según sea necesario, reformular las hipótesis originales de la investigación.	139 (61.8%)	59 (26.2%)	20 (8.9%)	4 (1.8%)	3 (1.3%)
6. Decipher the next step in a research project. Descifrar los pasos que debe seguir en su proyecto de investigación.	138 (61.3%)	57 (25.3%)	26 (11.7%)	3 (1.3%)	1 (0.4%)
7. Understand the importance of experimental controls in research. Comprender la importancia de los controles experimentales en la investigación.	158 (70.2%)	47 (20.9%)	15 (6.7%)	3 (1.3%)	2 (0.9%)
8. Design an experiment to test the hypothesis. Diseñar un experimento para poner a prueba las hipótesis.	149 (66.2%)	50 (22.3)	22 (9.8)	1 (0.4%)	3 (1.3%)
9. Use problem-solving strategies in your research work. Integrar estrategias para la solución de problemas en su trabajo de investigación.	157 (69.8%)	47 (20.9%)	20 (8.9%)	1 (0.4%)	0 (0.0%)

10. Relate your results to the big picture in your field. Relacionar sus resultados con el panorama completo dentro de su campo de investigación.	155 (68.9%)	49 (21.8%)	16 (7.1%)	4 (1.8%)	1 (0.4%)
11. Identify limitations of research methods and designs. Identificar las limitaciones de los métodos y diseños de investigación.	158 (70.2%)	44 (19.6%)	18 (8.0%)	3 (1.3%)	2 (0.9%)

En relación con las respuestas que los estudiantes ofrecieron a los ítems que se agrupan bajo las destrezas de revisión de literatura, se observó que entre el 89% y el 93% de los estudiantes perciben grandes y buenas beneficios en esta categoría. Particularmente, se resalta que el 93% de los participantes indicó un gran y buen beneficio en el uso de literatura científica para guiar sus investigaciones.

Tabla 23

Frecuencia de respuesta por categoría para los ítems bajo el concepto de destrezas de revisión de literatura

Literature review skills (LRS)	GreatG	GoodG	MG	LG	NG
1. Use scientific language and terminology to conduct literature searches. Uso de lenguaje y terminología científica para realizar búsquedas de literatura.	151 (67.1%)	51 (22.7%)	19 (8.4%)	4 (1.8%)	0 (0.0%)
2. Ability to conduct scientific literature search in databases. Habilidad para realizar búsquedas de literatura científica en base de datos.	149 (66.2%)	51 (22.7%)	17 (7.6%)	6 (2.7%)	2 (0.9%)
3. Understand primary (scientific) literature. Entender literatura científica primaria.	154 (68.4%)	50 (22.3%)	14 (6.2%)	7 (3.1%)	0 (0.0%)
4. Use scientific literature to guide research. Utilizar literatura científica para guiar su investigación.	160 (71.1%)	49 (21.8%)	12 (5.3%)	4 (1.8%)	0 (0.0%)

Como se presenta en la tabla 24, bajo las destrezas para el manejo de los datos, tres ítems obtuvieron las frecuencias de respuesta más altas en las categorías de beneficio moderado, poco beneficio y ningún beneficio. Así pues, se observó que para el ítem que evaluó las destrezas para realizar análisis estadístico utilizando programas informáticos el 19.60% de los estudiantes indicaron un beneficio moderado, mientras que el 11.10% expresó poco o nada de beneficio. De igual forma, se observó que, el 27.60% de los estudiantes indicaron un beneficio entre moderado a nada en las destrezas para seleccionar el análisis estadístico adecuado para su trabajo de investigación. Lo antes mencionado, nos permite afirmar que, pese a que de manera general los estudiantes indicaron buenos beneficios en sus destrezas para el manejo de los datos, en lo que respecta con las destrezas para seleccionar y realizar análisis estadísticos se observó una reducción en los beneficios percibidos.

Tabla 24

Frecuencia de respuesta por categoría para los ítems bajo el concepto de destrezas para el manejo de los datos

Data management skills (DMS)	GreatG	GoodG	MG	LG	NG
1. Decipher what data to collect and how to collect them. Descifrar que datos se deben recopilar y cómo	122 (54.2%)	69 (30.7%)	28 (12.4%)	4 (1.8%)	2 (0.9)
2. Use statistical knowledge in your research work. Integración de conocimiento estadístico a su trabajo de investigación.	115 (51.1%)	57 (25.3%)	38 (16.9%)	9 (4.0%)	6 (2.7)
3. Select the appropriate statistical analysis for your research work. Seleccionar el análisis estadístico adecuado para su trabajo de investigación.	102 (45.3%)	61 (27.1%)	45 (20.0%)	9 (4.0%)	8 (3.6%)

4. Conduct statistical analysis using computer software. Realizar análisis estadístico utilizando programas informáticos.	102 (45.3%)	54 (24.0%)	44 (19.6%)	14 (6.2%)	11 (4.9%)
5. Interpret data by relating results to the original hypothesis. Interpretar los resultados de sus datos en relación con su hipótesis original.	128 (56.9%)	67 (29.8%)	21 (9.3%)	8 (3.6%)	1 (0.4%)

En lo que respecta a las destrezas de comunicación, se observó que entre el 90% al 92.50% de los estudiantes indicaron grandes y buenas ganancias en los primeros cuatro ítems. Sin embargo, se observó que el ítem CS5 (Preparar un afiche científico) obtuvo el mayor porcentaje de respuestas en la categoría pocos beneficios (LG= 6.4% de selección) y el ítem CS6 (Escribir un artículo científico para publicación) obtuvo el porcentaje mayor en la categoría de ningún beneficio (NG= 10.7% de selección). Así pues, observamos que en las dos premisas que evalúan la creación de productos que tradicionalmente son indicadores de productividad científica (afiche y artículo científico), entre el 10% - 16.5% de los estudiantes indicaron pocos o ningún beneficio.

Tabla 25

Frecuencia de respuesta por categoría para los ítems bajo el concepto de destrezas de comunicación

Communication skills (CS)	GreatG	GoodG	MG	LG	NG
1. Oral communication of research findings. Comunicación oral de los hallazgos de su investigación.	159 (70.7%)	49 (21.8%)	15 (6.7%)	2 (0.9)	0 (0.0%)
2. Answer questions with arguments supported by results and literature. Responder preguntas con argumentos sustentados con literatura y datos empíricos.	149 (66.2%)	58 (25.8%)	14 (6.2%)	4 (1.8%)	0 (0.0%)
3. Explain your research project to people outside your field.	167 (74.2%)	36 (16.0%)	17 (7.6%)	4 (1.8%)	1 (0.4%)

Explicar su investigación a personal fuera de su campo de trabajo.					
4. Document research procedures.	142	60	19	4	0
Documentar los procesos de investigación.	(63.1%)	(26.8%)	(8.4%)	(1.8%)	(0.0%)
5. Prepare a scientific poster.	142	37	23	14	9
Preparar un afiche científico.	(63.1%)	(16.4%)	(10.2%)	(6.2%)	(4.0%)
6. Write a research paper for publication.	107	45	36	13	24
Escribir un artículo científico para publicación.	(47.6%)	(20.0%)	(16.0%)	(5.8%)	(10.7%)

Por otra parte, en el factor de identidad científica (Scientific Identity, SI) se identificaron tres ítems que también obtuvieron una mayor frecuencia de selección en las categorías GreatG y GoodG. Concretamente, se observó que el 96% de los estudiantes indicaron gran a buen beneficio en las experiencias de conocer cómo los científicos trabajan en problemas. De igual forma, el 96% de los participantes indicaron grandes o buenos beneficios en el desarrollo de su sentido de responsabilidad respecto al trabajo de investigación (ítem 6). Por su parte, el 95% de expresó beneficios en su capacidad para entender la relevancia o propósito de su investigación (ítem 8). Pese a que, en nueve de los diez ítems que conforman la categoría de identidad científica se obtuvieron porcentajes de respuesta entorno al 90%- 96% en las categorías de gran y buen beneficio, se resalta que, el 13.80% de los estudiantes indicaron ganancias moderadas en la oportunidad que tuvieron de desarrollar contactos productivos con otros investigadores luego de participar de una experiencia de investigación.

Tabla 26

Frecuencia de respuesta por categoría para los ítems bajo el concepto de identidad científica

Scientific Identity (SI)	GreatG	GoodG	MG	LG	NG
1. Feel confident in your ability to contribute to science.	141 (62.7%)	62 (27.5%)	20 (8.9%)	2 (0.9%)	0 (0.0%)

Sentirse confiado en su capacidad de contribuir a la ciencia.					
2. Understand how scientists work on problems. Conocer cómo los científicos trabajan en problemas.	163 (72.4%)	52 (23.1%)	9 (4.0%)	1 (0.4%)	0 (0.0%)
3. Engage in real-work science research. Involucrarse en un trabajo real de investigación científica.	170 (75.6%)	41 (18.2%)	13 (5.8%)	1 (0.4%)	0 (0.0%)
4. Visualize yourself as a scientist. Visualizarse a si mismo como un científico.	167 (74.2%)	43 (19.1%)	11 (4.9%)	3 (1.3%)	1 (0.4%)
5. Think creatively about your research work (try out new ideas or procedures). Pensar creativamente sobre su trabajo de investigación (integrar nuevas ideas o procedimientos).	160 (71.1%)	44 (19.6%)	18 (8.0%)	3 (1.3%)	0 (0.0%)
6. Feel responsible for the project. Sentirse responsable por su trabajo de investigación.	185 (82.2%)	31 (13.8%)	6 (2.7%)	3 (1.3%)	0 (0.0%)
7. Work extra hours because you were excited about research. Trabajar horas extras porque su investigación lo entusiasma.	167 (74.2%)	35 (15.6%)	15 (6.7%)	4 (1.8%)	4 (1.8%)
8. Understand the relevance or purpose of your research. Entender la relevancia o propósito de su investigación.	177 (78.7%)	37 (16.4)	9 (4.0%)	2 (0.9%)	0 (0.0%)
9. Develop a productive network with other scientists. Desarrollar contactos productivos con otros investigadores.	138 (61.3%)	49 (21.8%)	31 (13.8%)	6 (2.7%)	1 (0.4%)
10. See yourself as part of a scientific community. Visualizarse como parte de la comunidad científica.	163 (72.4%)	45 (20.0%)	12 (5.3%)	4 (1.8%)	1 (0.4%)

Respecto a los cinco ítems que evaluaron la clarificación de trayectoria profesional futura, se observó que las respuestas con mayor porcentaje de elección fueron GreatG y GoodG. En esta dirección podemos afirmar que, luego de una experiencia de investigación, los estudiantes indican grandes y buenos beneficios en su capacidad para entender cómo se aplica la ciencia en múltiples trayectorias profesionales. Sin embargo, aproximadamente el 17% de los estudiantes indicaron que

la experiencia de investigación les ayudó de forma moderada, poco o nada para aclarar qué campo de estudio desea seguir.

Tabla 27

Frecuencia de respuesta por categoría para los ítems bajo el concepto de clarificación de trayectoria profesional

Clarification of career path (CCP)	GreatG	GoodG	MG	LG	NG
1. Self-confidence in achieving career goals. Confianza en sí mismo para alcanzar sus metas profesionales.	137 (60.9%)	61 (27.1%)	20 (8.9%)	5 (2.2%)	2 (0.9%)
2. Understand how science is applied in multiple career paths. Entender cómo se aplica la ciencia en múltiples trayectorias profesionales.	155 (68.9%)	51 (22.7%)	15 (6.7%)	4 (1.8%)	0 (0.0%)
3. Learn about the academic preparation necessary to achieve your career goals. Conocer sobre la preparación académica que necesita para alcanzar sus metas profesionales.	150 (66.7%)	49 (21.8%)	23 (10.2%)	3 (1.3%)	0 (0.0%)
4. Clarify which field of study you want to pursue. Aclarar qué campo de estudio desea seguir.	144 (64.0%)	41 (18.2%)	25 (11.1%)	13 (5.8%)	2 (0.9%)
5. Confidence in your readiness to continue to the next step in your academic career. Confiar en su preparación para continuar con el siguiente paso en su carrera académica.	144 (64.0%)	48 (21.3%)	24 (10.7%)	7 (3.1%)	2 (0.9%)

A fin de evaluar el grado de relación que existe entre las respuestas al ítem y el criterio interno, se analizó la homogeneidad de las respuestas del conjunto de ítems mediante el índice de discriminación, basado en la correlación entre las puntuaciones de cada ítem y las puntuaciones directas de cada subescala. Puesto que los ítems fueron puntuados con una escala Likert que

graduaba la percepción de los beneficios con hasta cinco puntos, siendo 1=ningún beneficio y 5= muchos beneficios, se asumió que subyacía un continuo latente, por lo que se analizaron las correlaciones de Pearson corregidas entre las puntuaciones del ítem y las puntuaciones de la subescala. Si bien no existen valores de referencia formales sobre el tamaño del índice de discriminación, se utilizaron como referencia valores mayores o igual a 0.30, esperando así que los ítems mostraran correlaciones positivas y altas (Martínez, Hernández, & Hernández, 2006).

Como puede observarse en las tablas 28 a 34, todos los ítems cumplen con la recomendación referente al índice de discriminación. Sin embargo, al analizar la última columna que indica cuánto valdría el coeficiente de fiabilidad alpha si se eliminase el ítem, se identificó que al suprimir los ítems CS6 y SI7 los valores de fiabilidad de sus respectivas escalas se incrementan. Así pues, al considerar que estos dos ítems no contribuyen a la consistencia interna u homogeneidad del instrumento, se eliminaron de subsiguientes análisis.

Tabla 28

Análisis de la discriminación de los ítems categoría de destrezas generales de investigación

Categoría de destrezas generales de laboratorio (GLS) $\alpha = 0.92$	Ítem	Media	Desviación Típica	Correlación Pearson corregida	Alpha Cronbach ítem Eliminado
	GLS1	4.52	0.81	0.74	0.90
	GLS2	4.37	0.83	0.66	0.91
	GLS3	4.53	0.73	0.70	0.91
	GLS4	4.60	0.81	0.68	0.91
	GLS5	4.66	0.64	0.67	0.91
	GLS6	4.52	0.83	0.68	0.91
	GLS7	4.41	0.98	0.68	0.91
	GLS8	4.65	0.74	0.69	0.91
	GLS9	4.72	0.60	0.74	0.91
	GLS10	4.69	0.61	0.65	0.91
	GLS11	4.75	0.54	0.60	0.91

Tabla 29

Análisis de la discriminación de los ítems categoría de conocimiento del método científico

Categoría de conocimiento del método científico (SMK) $\alpha = 0.94$	Ítem	Media	Desviación Típica	Correlación Pearson corregida	Alpha Cronbach ítem Eliminado
	SMK1	4.62	0.74	0.62	0.93
	SMK2	4.58	0.68	0.76	0.93
	SMK3	4.53	0.71	0.81	0.93
	SMK4	4.49	0.76	0.80	0.93
	SMK5	4.46	0.83	0.80	0.93
	SMK6	4.46	0.78	0.76	0.93
	SMK7	4.58	0.75	0.66	0.93
	SMK8	4.51	0.80	0.76	0.93
	SMK9	4.60	0.67	0.79	0.93
	SMK10	4.57	0.74	0.67	0.93
	SMK11	4.57	0.77	0.60	0.94

Tabla 30

Análisis de la discriminación de los ítems categoría de destrezas de revisión de literatura

Categoría de destrezas de revisión de literatura (LRS) $\alpha = 0.92$	Ítem	Media	Desviación Típica	Correlación Pearson corregida	Alpha Cronbach ítem Eliminado
	LRS1	4.55	0.73	0.81	0.90
	LRS2	4.51	0.82	0.84	0.89
	LRS3	4.56	0.75	0.82	0.90
	LRS4	4.62	0.67	0.83	0.90

Tabla 31

Análisis de la discriminación de los ítems categoría de destrezas de manejo de datos

Categoría de destrezas de manejo de datos (DMS) $\alpha = 0.92$	Ítem	Media	Desviación Típica	Correlación Pearson corregida	Alpha Cronbach ítem Eliminado
	DMS1	4.36	0.83	0.71	0.91
	DMS2	4.18	1.03	0.82	0.89
	DMS3	4.07	1.07	0.86	0.88

DMS4	3.99	1.16	0.84	0.89
DMS5	4.39	0.83	0.74	0.91

Tabla 32

Análisis de la discriminación de los ítems categoría de destrezas de comunicación

Categoría de destrezas de comunicación (CS) $\alpha = 0.82$	Ítem	Media	Desviación Típica	Correlación Pearson corregida	Alpha Cronbach ítem Eliminado
	CS1	4.62	0.65	0.66	0.79
	CS2	4.56	0.69	0.67	0.79
	CS3	4.62	0.74	0.70	0.78
	CS4	4.51	0.73	0.64	0.79
	CS5	4.28	1.13	0.61	0.79
	CS6	3.88	1.35	0.53	0.84

Tabla 33

Análisis de la discriminación de los ítems categoría de identidad científica

Categoría de identidad científica (SI) $\alpha = 0.92$	Ítem	Media	Desviación Típica	Correlación Pearson corregida	Alpha Cronbach ítem Eliminado
	SI1	4.52	0.70	0.74	0.91
	SI2	4.68	0.57	0.82	0.91
	SI3	4.69	0.60	0.79	0.91
	SI4	4.65	0.68	0.72	0.92
	SI5	4.60	0.69	0.74	0.91
	SI6	4.77	0.56	0.74	0.92
	SI7	4.59	0.84	0.53	0.93
	SI8	4.73	0.58	0.77	0.91
	SI9	4.41	0.86	0.65	0.92
	SI10	4.62	0.71	0.77	0.91

Tabla 34

Análisis de la discriminación de los ítems categoría de clarificación de trayectoria profesional

Categoría de clarificación de trayectoria profesional (CCP)	Ítem	Media	Desviación Típica	Correlación Pearson corregida	Alpha Cronbach ítem eliminado
	DMS1	4.45	0.82	0.78	0.88
	DMS2	4.59	0.70	0.66	0.90
	DMS3	4.54	0.73	0.77	0.88
	DMS4	4.39	0.96	0.80	0.88
	DMS5	4.44	0.87	0.82	0.87

Una vez se eliminaron los ítems CS6 y SI7, se procedió a analizar la consistencia interna del instrumento mediante el análisis de fiabilidad, con el coeficiente alpha de Cronbach, para cada subescala o factor. Para realizar las interpretaciones acerca del coeficiente de fiabilidad, se siguieron las recomendaciones de Martínez et al., (2006) donde se consideran aceptables valores mayores o iguales que 0.70. Como se presenta en la tabla 35, todos los coeficientes de confiabilidad muestran valores aceptables, superiores a 0.70.

Tabla 35

Coeficientes de fiabilidad alpha de Cronbach para cada categoría de análisis

Subescala	Coeficiente alpha de Cronbach (α)
Destrezas generales de laboratorio (GLS)	0.92
Conocimiento del método científico (SMK)	0.94
Destrezas de revisión de literatura (LRS)	0.92
Destrezas de manejo de datos (DMS)	0.92
Destrezas de comunicación (CS)	0.82
Identidad científica (SI)	0.93
Clarificación de trayectoria profesional (CCP)	0.90
Global	0.98

5.6.2.2. Evidencias de validez relativas a la estructura interna del instrumento. La *American Educational Research Association* (AERA; Asociación Estadounidense de Investigación Educativa) junto a la *American Psychological Association* (APA; Asociación Estadounidense de Psicología) y el *National Council on Measurement in Education* (NCME; Consejo Nacional de Medición en Educación) han establecido los Estándares para Pruebas Educativas y Psicológicas (AERA, APA, & NCME, 2014). En ellos establecen que “la validez es la consideración más fundamental al desarrollar y evaluar pruebas. El proceso de validación involucra acumular evidencia pertinente para proporcionar una base científica sólida para las interpretaciones de puntajes propuestas. Lo que se evalúa son las interpretaciones de los puntajes de la prueba para los usos propuestos, no la prueba propiamente dicha” (p. 23).

En apartados anteriores, la investigadora ha presentado evidencias empíricas y teóricas mediante el juicio de expertos que apoyan la adecuación del contenido del instrumento y la relevancia de los dominios que se intentan medir. De manera que, en los próximos apartados deseamos aportar evidencias de validez basadas en la estructura interna del instrumento mediante los resultados que se obtuvieron al realizar análisis de estructura interna a través del análisis factorial exploratorio y el análisis factorial confirmatorio.

5.6.2.3. Análisis factorial exploratorio. Como parte de la preparación de los datos, se evaluó cómo de adecuados eran los datos para realizar el Análisis Factorial Exploratorio (AFE) mediante el índice Kaiser, Meyer, Olkin (KMO) y la prueba de esfericidad de Bartlett. Se espera que cuanto más cercano a 1 sea el valor del índice KMO, la matriz de correlaciones de los datos será idónea para ser sometida a un AFE. Teniendo en cuenta que la prueba de esfericidad de Bartlett evalúa la significación de la matriz de correlaciones y siendo los resultados del índice

KMO= 0.945, la prueba de esfericidad fue significativa, y se determinó que la matriz es adecuada para realizar el AFE (tabla 36).

Tabla 36

KMO y prueba de esfericidad de Bartlett

Kaiser-Meyer-Olkin		.945
	Chi- Cuadrado	10344.222
Prueba de Bartlett	Gl	1275
	Sig.	.000

Con el propósito de explicar el máximo de la varianza común de las variables, el método para estimar los parámetros del modelo factorial que se incorporó fue el método de extracción de factorización por ejes principales. Asimismo, con el objetivo de maximizar la varianza de los factores, se integró el proceso de rotación oblicua Promax (Martínez et al., 2006). Para determinar cuántos factores debían retenerse en la solución factorial, se empleó la regla K1 de Kaiser, que recomienda retener los factores con autovalores mayores que 1. De igual forma, se empleó la técnica de análisis paralelo, basada en el gráfico de sedimentación (Horn, 1965).

Los resultados de las comunales y unicidades de las variables que se evaluaron por medio del AFE ayudaron a analizar la proporción de varianza, que se debió a los efectos de los factores comunes y la varianza específica o error. A modo general, se observó que, en promedio el 62% de la varianza de los ítems fue explicado por los factores comunes, siendo el ítem CS5 el reactivo con menor comunalidad (33%) y el ítem DMS2 el de mayor valor (78%) (véase anexo 6).

Respecto a la identificación de factores, los resultados de la fase inicial de extracción, basados en método de extracción de la regla K1 de Kaiser, sugirieron un modelo de siete factores

que explicaban el 69,64% de la varianza (tabla 37). Al analizar la suma de las saturaciones al cuadrado de la extracción, se recomendaba un modelo de cinco factores.

Tabla 37

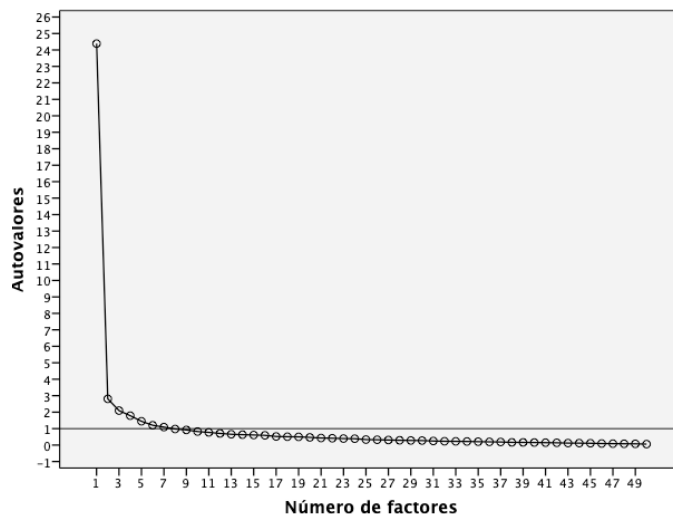
Resultados de la fase inicial de la extracción de autovalores de la matriz

Factor	Autovalores iniciales			Sumas de las saturaciones al cuadrado de la extracción			Suma de las saturaciones al cuadrado de la rotación
	Total	% de varianza	%	Total	% de varianza	%	Total
			acumulado			acumulado	
1	24.39	48.77	48.77	24.01	48.01	48.01	20.08
2	2.81	5.62	54.39	2.46	4.92	52.93	16.03
3	2.10	4.19	58.58	1.73	3.47	56.40	16.26
4	1.79	3.57	62.15	1.46	2.91	59.31	12.48
5	1.45	2.89	65.05	1.13	2.26	61.57	17.37
6	1.21	2.41	67.46				
7	1.09	2.19	69.64				
8	0.98	1.95	71.60				

Por otro lado, al analizar el gráfico de sedimentación (figura 26), se observó que la solución de seis factores parece ser la más adecuada.

Figura 26

Gráfico de Sedimentación



Para tener una mejor interpretación de los factores sugeridos mediante la regla K1 de Kaiser y el gráfico de sedimentación, se analizó la matriz patrón o de configuración resultante de la rotación oblicua. Los resultados de esta matriz (véase anexo 7) permitieron conocer los efectos directos o contribución del ítem sobre cada factor. En esta dirección, se identificó que los ítems SMK11 y SI9 no obtuvieron pesos significativos en los factores, por ello, se eliminaron para los siguientes análisis. De igual forma, se observó que ocho ítems (GLS9, GLS10, SMK8, SM9, SI1, SI2 y SI3) obtuvieron saturaciones significativas y muy similares en más de un factor, indicando un problema en la estructura interna, por lo cual se eliminaron para posteriores análisis. Por su parte, el ítem CCP5, pese a que mostró una doble saturación, se retuvo para futuros análisis puesto que la saturación en el factor original fue mayor.

Como producto de los hallazgos antes expuestos, se optó por un modelo de seis factores que tuviera en consideración los resultados de la fase cualitativa, así como el principio de parsimonia. De manera que, el modelo final que se obtuvo del AFE logró explicar aproximadamente el 68,67% de la varianza en la fase inicial de la extracción (tabla 38).

Tabla 38

Resultados de la fase inicial de la extracción de los autovalores de la matriz final tras eliminar ítems

Factor	Autovalores iniciales		
	Total	% de varianza	% acumulado
1	19.64	47.90	47.90
2	2.41	5.87	53.77
3	1.96	4.79	58.55
4	1.70	4.15	62.70
5	1.34	3.27	65.97
6	1.11	2.70	68.67
7	0.99	2.43	71.10

Los resultados de la matriz patrón o de configuración rotada del modelo presenta un resumen de la composición de los seis factores (véase anexo 7). Concretamente, el factor 1 se compuso de ocho ítems originales (GLS1- GLS8) y se reagrupó el ítem SMK7, que también hace referencia a las destrezas generales de laboratorio. El factor 2 (conocimiento del método científico), conservó seis de sus once ítems originales (SMK1- SMK6). El factor 3 mantuvo los cuatro ítems originales que hacen referencia a las destrezas de revisión de literatura (LRS1- LRS4) y el factor 4 (destrezas para el manejo de datos) también conservó sus cinco ítems iniciales (DMS1- DMS5). Por otro lado, el factor 5, compuesto por los cinco ítems de destrezas de comunicación (CS1- CS5) más el ítem SMK10, mantuvo el nombre original. Finalmente, el factor 6 integró los ítems SI4-SI6, SI8, SI10 y los ítems CCP1-CCP5, ya que todos los reactivos bajo este factor hacen referencia a aspectos de identificación con las ciencias y el deseo de continuar una trayectoria profesional en esta área, se denominó identidad científica.

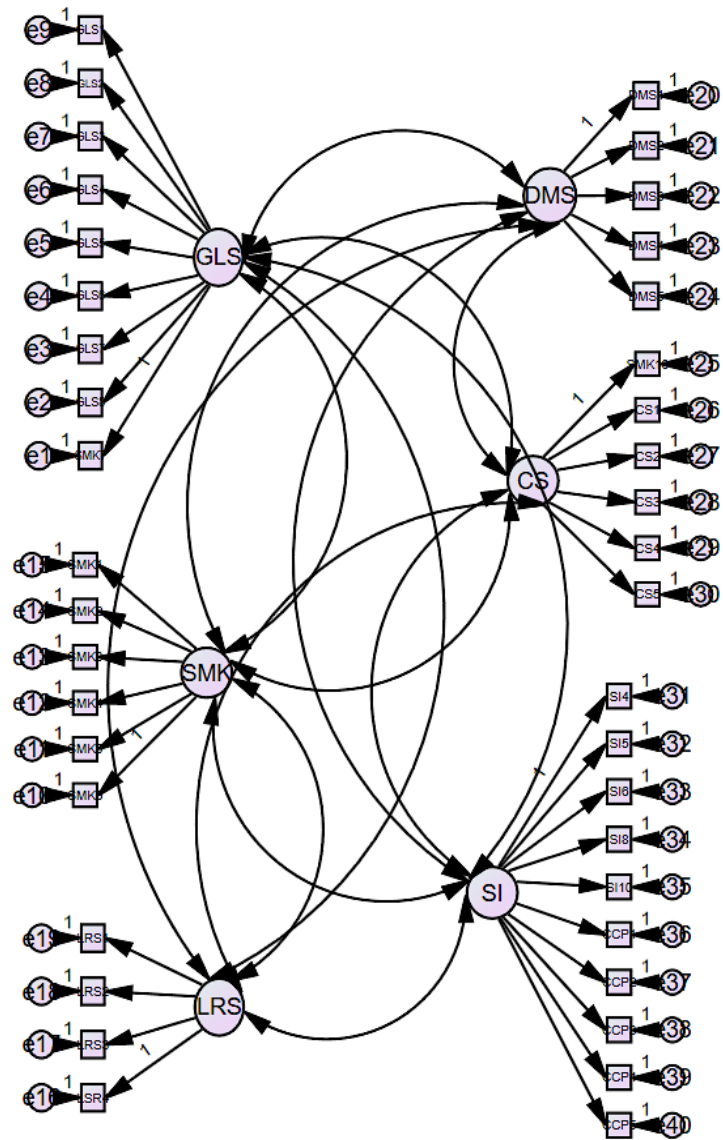
5.6.2.4. Análisis factorial confirmatorio. Los resultados del AFE permitieron una primera aproximación respecto a la identificación de la estructura de las variables latentes del instrumento, la relación que existe entre ellas, así como la relación con otras variables observadas. Los resultados de validez de contenido que se obtuvo mediante el juicio de expertos durante la fase cualitativa de este estudio de investigación junto a los resultados del AFE, aportaron información que sirvió como base para postular un modelo de seis factores.

Dentro del grupo de técnicas multivariante, que abarca los Modelos de Ecuaciones Estructurales (SEM, por sus siglas en inglés), se integró la técnica estadística del Análisis Factorial Confirmatorio (AFC) para especificar el modelo de medida que permitió exponer cómo las variables observables reflejan variables latentes. Puesto que para la ejecución de un AFC se requiere la especificación de un modelo teórico, esta técnica se aplica en las últimas fases del desarrollo de un instrumento, con el propósito de recopilar evidencias de validez relativas a la estructura interna del instrumento (Martínez et al., (2006); Abad, Olea, Ponsoda, & García (2011).

El proceso para realizar el AFC se sustentó en las cinco etapas que recomiendan autores como Abad et al. (2011), Batista & Coendres (2012) y Martínez et al. (2006), entre otros. En concreto, los pasos que se siguieron fueron: especificación del modelo; identificación del modelo; estimación de los parámetros; evaluación o diagnóstico del modelo; y la re-especificación o modificación del modelo. A continuación, se presentan los resultados considerando las etapas antes mencionadas, habiendo incorporado el programa estadístico AMOS 26 para el procesamiento de los datos.

5.6.2.5. Especificación del modelo. El modelo teórico se representó mediante un Diagrama de Senderos (*Path Diagram*, en inglés) que permitió representar mediante cuadros las

variables observables o ítems y mediante círculos las variables latentes como son los factores y el error de medida. Por su parte, las relaciones entre las variables se especificaron con flechas. Las correlaciones y covarianzas entre las variables latentes se representaron mediante líneas curvas bidireccionales, mientras que las relaciones de medición o dependencia se identificaron mediante una flecha unidireccional desde el factor hacia la variable observable. Puesto que en el modelo de ecuaciones se reconoce que las variables observables integran errores de medida aleatorias, esta relación se incluyó mediante una flecha direccional desde el error hacia la variable observable. Llegados a este punto, es importante resaltar que, con frecuencia, en los modelos de SEM se integra el concepto de variables endógenas y variables exógenas para especificar las relaciones. Se denominan variables endógenas aquellas que reciben alguna flecha unidireccional de otra variable del modelo. Mientras que las variables exógenas no reciben ninguna flecha. Es decir, en el modelo de AFC las variables latentes (factores y errores de medida) son exógenas y las variables observables son endógenas. Como puede verse en la figura 27, el modelo conceptual que se evaluó mediante el AFC constó de seis factores correlacionados con 40 variables observables e independencia en los términos error.

Figura 27*Representación gráfica del modelo original*

5.6.2.6. Identificación del modelo. Con el propósito de conocer si los datos permiten determinar una única solución factorial para el conjunto de parámetros del modelo, es necesario realizar la especificación del modelo. Martínez et al. (2006) especifican como condición necesaria

para la identificación de un modelo que el número de parámetros a estimar sea menor que los grados de libertad (varianzas-covarianzas en la matriz). Otro aspecto importante en la identificación del modelo es especificar la escala de medida de las variables latentes. Así pues, se optó por fijar a 1 el peso de una variable observable en cada factor. De igual forma, se fijaron a 1 los pesos de los términos de error.

5.6.2.7. Estimación de los parámetros. Previo a la estimación de los parámetros del modelo, se analizó el supuesto de normalidad multivariada (Martínez et al., 2006). Teniendo en cuenta que el supuesto de normalidad multivariante no se cumplió, se empleó como método para la estimación de parámetros la Máxima Verosimilitud (ML), empleando un contraste no paramétrico basado en remuestreo, también conocido como *bootstrap* en inglés. La integración del método de *bootstrap* se realizó siguiendo las recomendaciones de Nevitt y Hancock (1998) que establecen que en muestras mayores a 200 con incumplimiento moderado de la normalidad, la estimación de parámetros se comporta de manera sistemáticamente similar a parámetros estimados bajo condiciones de cumplimiento de normalidad con ML. Asimismo, Batista y Coenders (2012) establecen que tamaños muestrales entre 200-500 casos tienden a ser suficientes para estimaciones con ML.

5.6.2.8. Evaluación del modelo. El grado de ajuste del modelo a los datos se realizó mediante el análisis de la proximidad o discrepancia entre la matriz de covarianzas del modelo y la matriz de covarianza muestral. Puesto que no existe un consenso en la literatura de lo que constituye un buen ajuste, o qué índice permite evaluar mejor dicho ajuste, se utilizó una combinación entre índices de ajuste absoluto y comparativo. El primer análisis de bondad de ajuste se realizó mediante el estadístico de χ^2 de Bollen-Stine, para el cual se consideraron como ajustes

aceptables valores de p superiores a 0.05 (Fouladi, 1998; Nevitt & Hancock, 1998). De igual manera, se analizó la razón entre χ^2/gl (CMID/DF), para la que se sugieren valores entre 2 y 5 como un indicador de ajuste razonable (Abad et al., 2011; Kline, 2010).

Se analizaron otras medidas de bondad de ajuste del modelo a los datos, como son el Índice Incremental de Ajuste Comparativo o CFI (Comparative Fit Index), para el cual se consideraron valores superiores a 0.90. En cuanto al Índice de Ajuste Absoluto (Root Mean Square Error of Approximation, o sus siglas RMSEA), se incorporaron las recomendaciones de Bollen (1989); Abad et al. (2011); Byrne (2010) y Kline (2010), quienes indican que valores menores a 0.05 sugieren un buen ajuste, entre 0.05 y 0.08 el ajuste es aceptable y entre 0.08 y 0.10 es un ajuste mediocre. Los valores superiores a 0.10 se consideran un ajuste pobre. Finalmente, se analizó el Índice de Ajuste Comparativo (TLI por sus siglas en inglés) en el cual, valores superiores a 0.95 suelen considerarse como un buen ajuste, y aquellos otros entre 0.90 y 0.95 como un ajuste aceptable (Abad et al., 2011).

Como se presenta en la tabla 39, los resultados iniciales de las estimaciones de los parámetros mostraron un pobre ajuste de nuestro modelo teórico a los datos empíricos.

Tabla 39

Índices de bondad de ajuste del modelo inicial

Índices de bondad de ajuste	Valores de ajustes recomendados	Modelo 6 factores original
χ^2 de Bollen-Stine		
p valor	$p > 0.05$	0.008
χ^2		1893.89
gl		725
p valor	$p > 0.05$	0.00
CMID/DF	entre 2 y 5	
CFI	> 0.90	0.86
RMSEA	< 0.05 bueno	
	0.05 - 0.08 aceptable	0.08

TLI	>0.95 bueno 0.90-0.95 acceptable

Puesto que el modelo inicial mostró un pobre ajuste, se procedió a realizar una evaluación detallada del modelo mediante el análisis de la significación estadística de los parámetros del modelo. Para analizar los parámetros estimados de manera individual se utilizaron como valores críticos de referencia los del estadístico tipo $T \geq |2|$ (indicativo de $p < 0.05$). Dado que todos los parámetros resultantes son estadísticamente significativos, se procedió a analizar la matriz de residuos estandarizados con el propósito de identificar los ítems que presentaron problemas en su funcionalidad y, consecuentemente, produjeron desajustes al modelo. Así pues, se identificó que el ítem DMS1 obtuvo residuos superiores a $|1.96|$ con 12 de las 39 variables observables, indicando un alto grado de desajuste, razón por la cual se eliminó para futuros análisis (véase anexo 8).

5.6.2.9. Modificación del modelo. A fin de optimizar el ajuste del modelo, se analizaron los índices de modificación del modelo, lo que permitió identificar parámetros ausentes en el modelo y el efecto que tenía la inclusión de ellos al ajuste global del modelo. Es importante señalar que solo se introdujeron aquellas modificaciones que mejoraban la bondad de ajuste y, a su vez, tenían una justificación teórica.

Mediante el análisis de la tabla de índices de modificación, se identificó que añadir la covarianza entre los errores de $e_{33} \leftrightarrow e_{34}$, $e_{14} \leftrightarrow e_{15}$, $e_{31} \leftrightarrow e_{35}$, $e_{39} \leftrightarrow e_{40}$, $e_1 \leftrightarrow e_2$, $e_{26} \leftrightarrow e_{28}$, $e_3 \leftrightarrow e_9$, $e_{18} \leftrightarrow e_{19}$, reduciría notablemente el valor del estadístico χ^2 . Asimismo, se encontró pertinente añadir una saturación del ítem DMS5 en el factor de conocimiento del método científico (SMK).

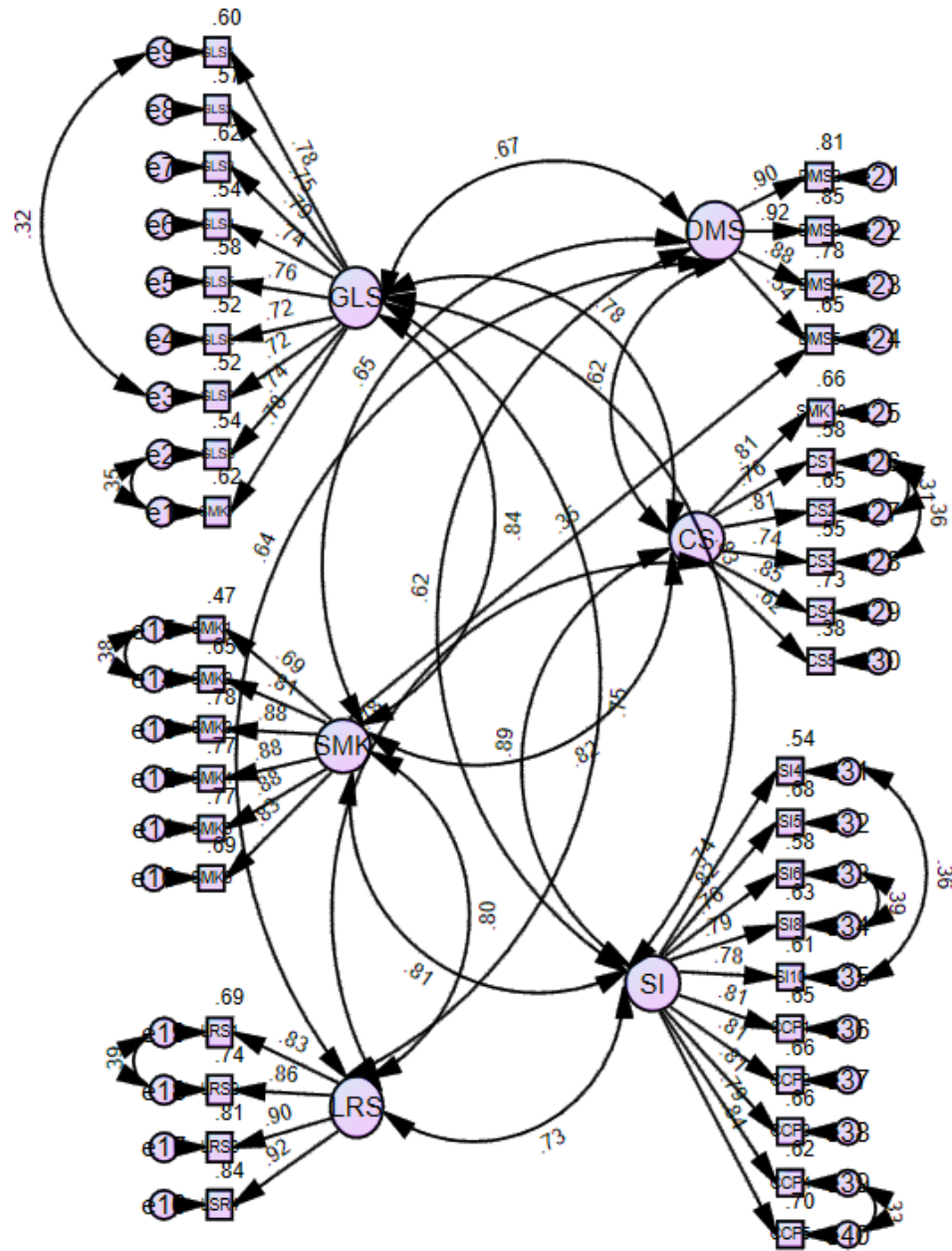
Al poner a prueba el modelo modificado, se observó una mejora en los índices de bondad de ajuste al ser comparado con el modelo original (tabla 40). Asimismo, al analizar los valores estandarizados de los parámetros estimados, se observó que las relaciones entre cada ítem y su factor es elevado (superiores de 0.40). Lo antes mencionado hace constar la buena calidad de los indicadores. De igual forma, las covarianzas entre factores mostraron medidas se consideraron significativas estadísticamente (véase anexo 9).

Tabla 40

Índices de bondad de ajuste modelo original y modificado

Índices de bondad de ajuste	Valores de ajustes recomendados	Modelo 6 factores original	Modelo 6 factores modificado
χ^2 de Bollen-Stine	$p > 0.05$	0.008	0.06
p valor			
χ^2		1893.89	1507.83
gl		725	677
p valor	$p > 0.05$	0.00	0.00
CMID/DF	entre 2 y 5		2.23
CFI	> 0.90	0.86	0.90
RMSEA	< 0.05 bueno		
	0.05 - 0.08 aceptable	0.08	0.07
TLI	> 0.95 bueno		
	0.90-0.95 aceptable		0.90

Finalmente, mediante el análisis de las correlaciones entre los factores pudimos observar que los seis factores muestran correlaciones altas y significativas en ellos. Llama nuestro interés el alto nivel de correlación que se identificó entre el factor de destrezas de comunicación e identidad científica ($r=0.89$). Por su parte, el factor de destrezas generales de laboratorio y el componente de conocimiento del método científico también muestran una relación alta ($r=0.84$), lo que es coherente con el hecho de que aplicar el conocimiento científico requiere desarrollar destrezas de laboratorio (véase anexo 10).

Figura 28*Estimación de Parámetros Estandarizados para el Modelo Modificado*

5.6.3. Técnicas para el análisis de los datos

5.6.3.1. Análisis descriptivo de los datos. Si bien es cierto que al inicio de este capítulo se ofreció una descripción de las características de la muestra de estudiantes que participaron en la fase cuantitativa de esta investigación, es importante resaltar que, previamente a realizar cualesquiera de los análisis estadísticos inferenciales es fundamental examinar las características de los valores de cada variable (Pardo, Ruíz & San Martín, 2009). Así pues, a continuación, abordamos los análisis descriptivos de las variables que ayudaron a responder las preguntas y objetivos de esta investigación, prestando especial atención a tres características principales: centro, dispersión y forma de la distribución.

A fin de describir las características de las variables cuantitativas, se analizaron medidas de tendencia central para identificar el centro. Puesto que existen diferentes estadísticos para describir el centro de una variable cuantitativa, en esta investigación se prestó atención a la media aritmética. Teniendo en cuenta que la media es un estadístico sensible a la presencia de asimetrías en los datos, también se analizó la mediana que es un estadístico más resistente (Pardo, Ruíz & San Martín, 2009). Para el grado de dispersión de los datos cuantitativos se analizaron los diagramas de caja y bigote, así como la varianza y desviación típica. Finalmente, para examinar la forma de la distribución de las variables cuantitativas, se analizaron los índices de asimetría y curtosis. De igual forma, se empleó el criterio basado en la valoración del cociente relacionado con el valor índice y su error típico, para el cual se consideran valores entre -2 y 2 para asumir que la distribución es simétrica (Pardo, Ruíz & San Martín, 2009).

Entre las variables cuantitativas bajo estudio en esta investigación se analizaron los resultados de las puntuaciones totales de los estudiantes en cada uno de los 6 factores que se

identificaron, mediante juicio de expertos y análisis factoriales. Dado que los estudiantes puntuaron el nivel de beneficio percibido para cada destreza utilizando una escala de cinco puntos, donde “nada beneficio” tiene un valor de 1 y “gran beneficio” de 5, para analizar los datos se consideró la puntuación total en cada factor.

De este modo, la variable “destrezas generales de investigación” se computó junto a las respuestas que ofrecieron los estudiantes a 9 ítems, pudiendo así tomar un rango entre 9 y 45 puntos. Sin embargo, en la tabla 41 se observa que los valores oscilaron de 13 y 45, siendo la media de las puntuaciones para los estudiantes subgraduados de 40.66 y de 41.25 en los estudiantes graduados. También, destacó que la mediana es similar en ambos grupos. Respecto a la dispersión de los datos, se observó que la amplitud total tomó un valor en torno a los 32 puntos en el grupo de estudiantes subgraduados y de 19 en los estudiantes graduados. Considerando que el 50% de los casos centrales se encontraron en un rango de 6 y 7 puntos, se pudo identificar la presencia de dispersión en los datos. Respecto a la forma de la dispersión de la variable “destrezas de investigación”, se observó una asimetría negativa en ambos grupos (ver figura 29). Estos resultados nos permiten afirmar que, en su mayoría, tanto estudiantes subgraduados como los graduados, indicaron grandes niveles de beneficio en sus destrezas generales de investigación.

Tabla 41

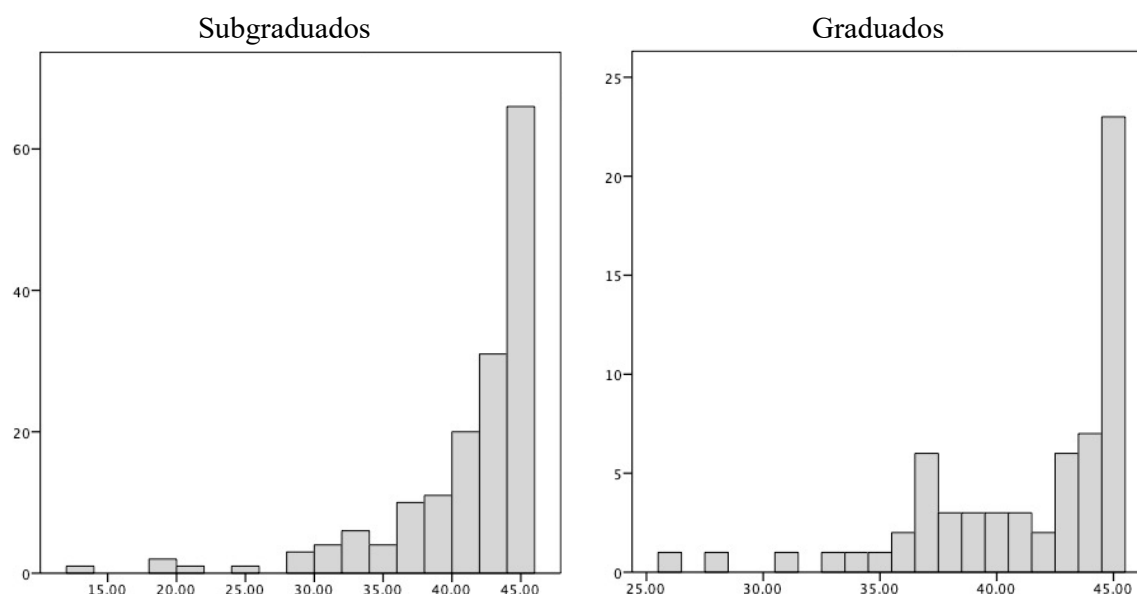
Descriptivos variable destrezas generales de investigación

Variable	Estadístico	Estudiantes Subgraduados	Estudiantes Graduados
Destrezas generales de investigación	Media	40.66	41.25
	Media recortada al 5%	41.43	41.74
	Mediana	43.00	43.00
	Varianza	33.54	20.38
	Desviación típica	5.79	4.51
	Valor mínimo	13.00	26.00
	Valor máximo	45.00	45.00

Rango	32.00	19.00
Amplitud intercuartil	6.00	7.00
Índice Asimetría (IA)	-2.16	-1.36
Error típico (ET)	0.19	0.30
Cociente IA/ET	-11.24	-4.55
Índice curtosis (IC)	5.57	1.63
Error típico (ET)	0.38	0.59
Cociente IC/ET	14.62	2.77

Figura 29

Histograma de frecuencia de la variable destrezas generales de investigación



La variable “conocimiento del método científico” (tabla 42) se conformó por la respuesta a seis ítems, por tanto, los valores pueden tomar un rango de valores entre 6 y 30 puntos. Los resultados de los estadísticos descriptivos muestran que la distribución de variable método científico en ambos grupos de estudiantes tiene un centro situado en torno a 27 puntos con mucha dispersión y asimetría negativa y leptocurtosis (ver figura 30). Dado que los resultados se agrupan cerca de la puntuación máxima que se puede obtener en la escala, se afirma que ambos grupos de

estudiantes mostraron grandes niveles de beneficio en el desarrollo de su conocimiento científico luego de participar de una experiencia de investigación.

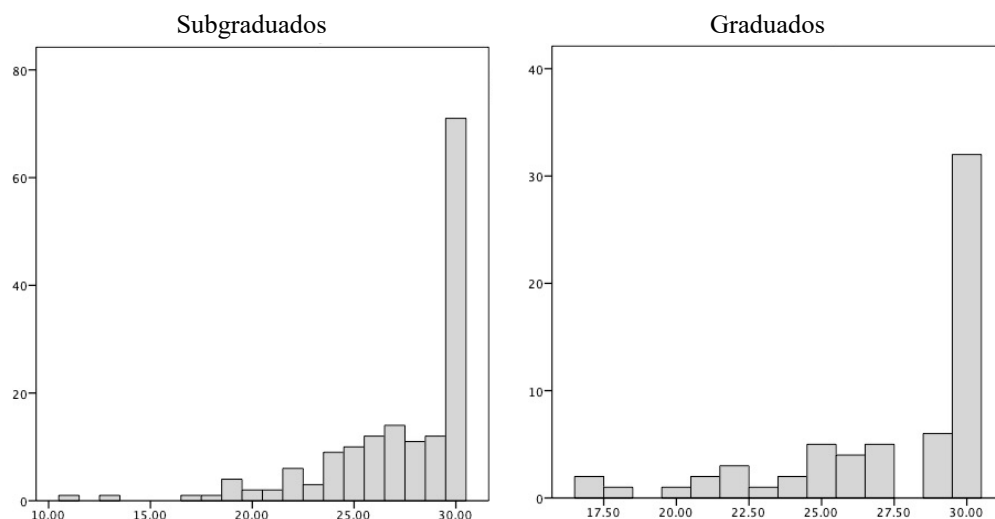
Tabla 42

Descriptivos variable conocimiento del método científico

Variable	Estadístico	Estudiantes Subgraduados	Estudiantes Graduados
Conocimiento del método científico	Media	27.25	27.33
	Media recortada al 5%	27.67	27.73
	Mediana	29.00	29.50
	Varianza	13.07	13.34
	Desviación típica	3.62	3.65
	Valor mínimo	11.00	17.00
	Valor máximo	30.00	30.00
	Rango	19.00	13.00
	Amplitud intercuartil	4.75	5.00
	Índice Asimetría (IA)	-1.69	-1.33
	Error típico (ET)	0.19	0.30
	Cociente IA/ET	-8.81	-4.45
	Índice curtosis (IC)	3.35	0.90
	Error típico (ET)	0.38	0.59
	Cociente IC/ET	8.78	1.53

Figura 30

Histograma de frecuencia de la variable conocimiento del método científico



Por su parte, la “variable de destrezas de revisión de literatura” (tabla 43) se compuso de cuatro ítems, siendo el valor mínimo posible 4 y el máximo de 20. Se observó que los valores de los estadísticos de tendencia central en ambos grupos fueron similares, situando el centro en torno a los 18 puntos. Los estadísticos también permitieron confirmar la presencia de dispersión y asimetría negativa con leptocurtosis. Pese a que el diagrama de caja (ver figura 36) corroboró la presencia de algunos casos extremos en la parte baja de la distribución, de forma general los resultados indicaron que ambos grupos de estudiantes expresaron grandes ganancias en sus destrezas de revisión de literatura (ver figura 31).

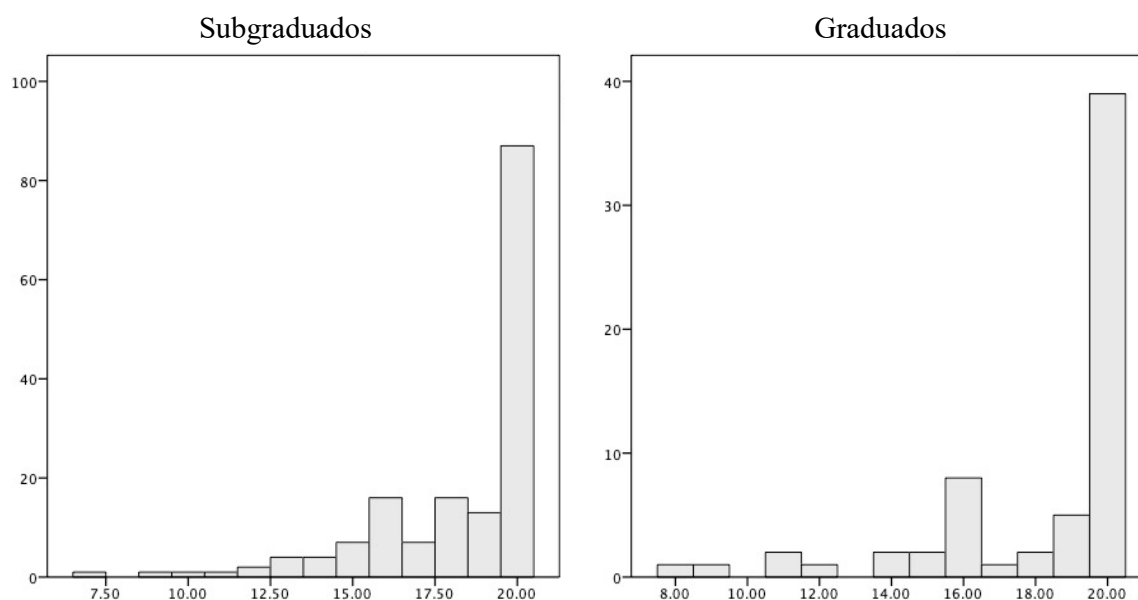
Tabla 43

Descriptivos variable destrezas revisión de literatura

Variable	Estadístico	Estudiantes Subgraduados	Estudiantes Graduados
Destrezas de revisión de literatura	Media	18.28	18.20
	Media recortada al 5%	18.59	18.59
	Mediana	20.00	20.00
	Varianza	6.50	8.83
	Desviación típica	2.55	2.97
	Valor mínimo	7.00	8.00
	Valor máximo	20.00	20.00
	Rango	13.00	12.00
	Amplitud intercuartil	3.00	4.00
	Índice Asimetría (IA)	-1.76	-1.81
	Error típico (ET)	0.19	0.30
	Cociente IA/ET	-9.15	-6.06
	Índice curtosis (IC)	3.22	2.74
	Error típico (ET)	0.38	0.59
	Cociente IC/ET	8.44	4.65

Figura 31

Histograma de frecuencia de la variable destrezas revisión de literatura



La variable “destrezas para el manejo de los datos” (tabla 44), consistió en la suma de las respuestas de los estudiantes a cuatro ítems. Los valores de esta variable pudieron fluctuar entre 4 y 20, sin embargo, se observó que la media de la distribución fue un poco mayor en los estudiantes graduados (16.86) que en los estudiantes subgraduados (16.56), pese a que la mediana obtuvo un valor similar en ambos grupos. Estos resultados permitieron identificar que la mayoría de los estudiantes expresaron que obtuvieron una buena ganancia en sus destrezas para el manejo de los datos. Sin embargo, comparar la amplitud total (rango = 15.00) con la amplitud intercuartil (6=estudiantes subgraduados y 5=estudiantes graduados) se observó mucha dispersión, lo que nos indica que los estudiantes también seleccionaron, aunque con menos frecuencia, las categorías que indican niveles de beneficio menores. El cociente IA/ET confirmó una distribución asimétrica negativa en ambos grupos, aunque mayor en el grupo de estudiantes subgraduados. Por otro lado,

los valores del cociente IC/ET indican una distribución mesocúrtica para ambos grupos de estudiantes (ver figura 32).

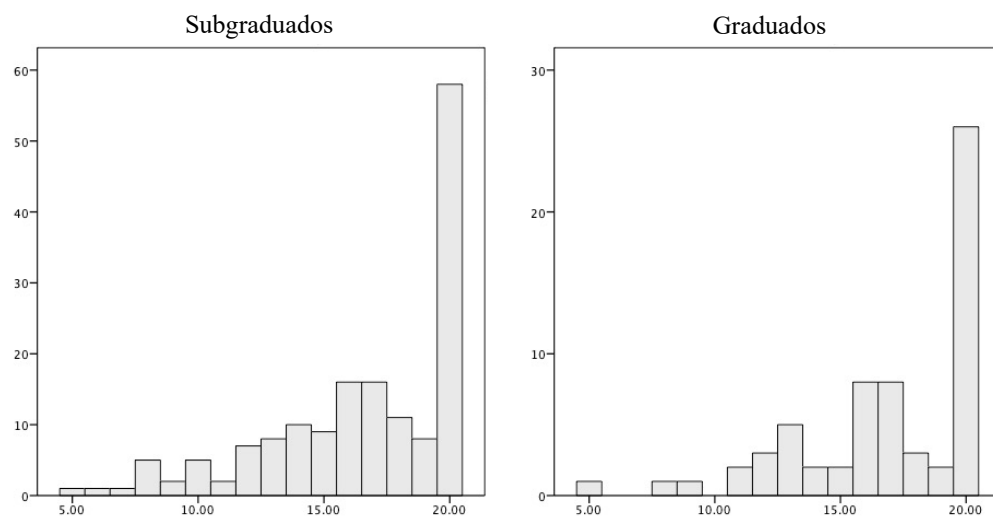
Tabla 44

Descriptivos variable destrezas para el manejo de datos

Variable	Estadístico	Estudiantes Subgraduados	Estudiantes Graduados
Destrezas para el manejo de datos	Media	16.56	16.86
	Media recortada al 5%	16.88	17.20
	Mediana	17.00	17.00
	Varianza	13.80	12.60
	Desviación típica	3.71	3.55
	Valor mínimo	5.00	5.00
	Valor máximo	20.00	20.00
	Rango	15.00	15.00
	Amplitud intercuartil	6.00	5.00
	Índice Asimetría (IA)	-1.00	-1.14
	Error típico (ET)	0.19	0.30
	Cociente IA/ET	-5.21	-3.82
	Índice curtosis (IC)	0.25	0.99
	Error típico (ET)	0.38	0.59
	Cociente IC/ET	0.65	1.68

Figura 32

Histograma de frecuencia de la variable destrezas para el manejo de datos



En la variable “destrezas de comunicación” (tabla 45) se agrupó la suma de las respuestas de los participantes a seis ítems, teniendo un rango de posibles valores entre 6 y 30. Sin embargo, los resultados indicaron que el valor mínimo fue de 11 y el valor máximo de 30. Los resultados de la ubicación del centro de las puntuaciones permitieron identificar que, en promedio, el beneficio percibido en las destrezas de comunicación fue mayor para los estudiantes subgraduados $\bar{X} = 27.29$ que en los estudiantes graduados $\bar{X} = 26.94$. De forma que, podemos decir que los resultados mostraron mucha dispersión en los datos con una asimetría negativa y leptocúrtica en ambos grupos, aunque mayor en los estudiantes subgraduados (ver figura 33).

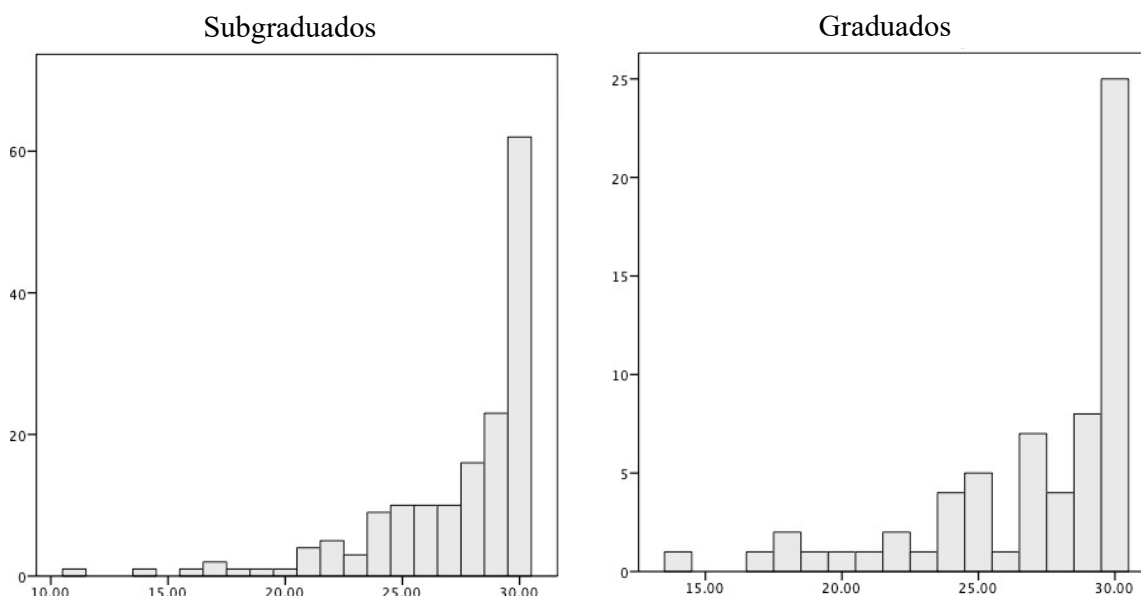
Tabla 45

Descriptivos variable destrezas de comunicación

Variable	Estadístico	Estudiantes Subgraduados	Estudiantes Graduados
Destrezas de comunicación	Media	27.29	26.94
	Media recortada al 5%	27.74	27.35
	Mediana	29.00	29.00
	Varianza	12.84	15.30
	Desviación típica	3.58	3.91
	Valor mínimo	11.00	14.00
	Valor máximo	30.00	30.00
	Rango	19.00	16.00
	Amplitud intercuartil	4.00	5.00
	Índice Asimetría (IA)	-1.82	-1.44
	Error típico (ET)	0.19	0.30
	Cociente IA/ET	-9.46	-4.82
	Índice curtosis (IC)	3.73	1.49
	Error típico (ET)	0.38	0.59
	Cociente IC/ET	9.80	2.53

Figura 33

Histograma de frecuencia de la variable destrezas de comunicación



Respecto, a la variable “identidad científica” (tabla 46) se integraron las respuestas que proporcionaron los estudiantes a once ítems, pudiendo tomar valores entre 11 y 55. Al analizar la media de los grupos se identificó el centro de ambos grupos próximo a los 45.42 (estudiantes graduados) y 45.96 (estudiantes subgraduados). Pese a que la agrupación de las respuestas de ambos grupos de estudiantes indicó buenos beneficio en la identidad científica, los valores del cociente IA/ET y el cociente IC/ET se identificó una distribución con asimetría negativa leptocúrtica para ambos grupos (ver figura 34).

Tabla 46

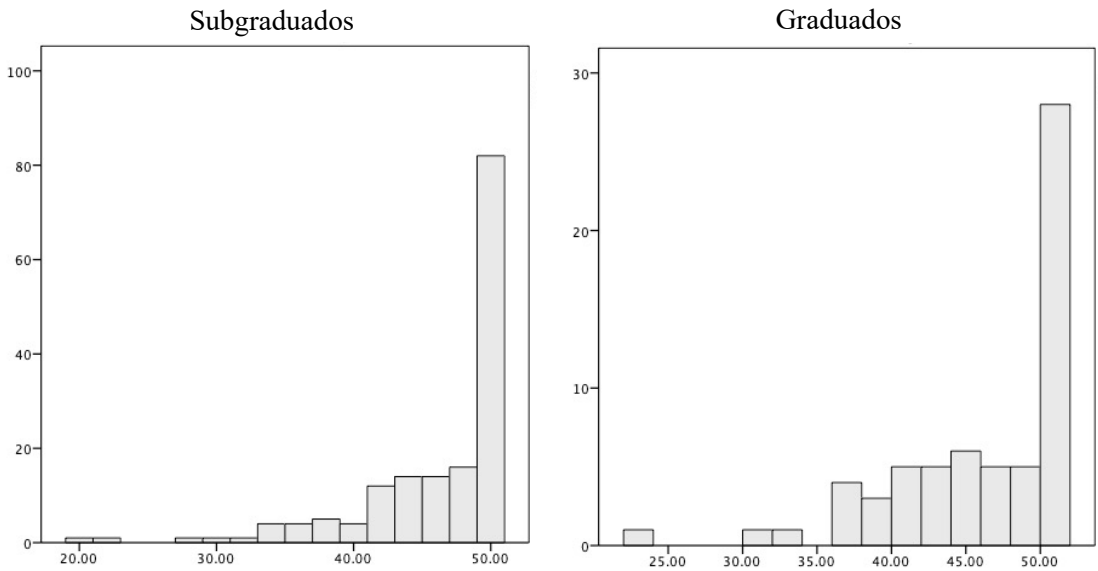
Descriptivos variable identidad científica

Variable	Estadístico	Estudiantes Subgraduados	Estudiantes Graduados
Identidad científica	Media	45.96	45.42
	Media recortada al 5%	46.69	46.07
	Mediana	49.00	48.50
	Varianza	33.16	34.47

Desviación típica	5.76	5.87
Valor mínimo	20.00	23.00
Valor máximo	50.00	50.00
Rango	30.00	27.00
Amplitud intercuartil	7.00	8.00
Índice Asimetría (IA)	-1.91	-1.49
Error típico (ET)	0.19	0.30
Cociente IA/ET	-9.92	-4.97
Índice curtosis (IC)	4.16	2.39
Error típico (ET)	0.38	0.59
Cociente IC/ET	10.93	4.05

Figura 34

Histograma de frecuencia de la variable identidad científica



Finalmente, la variable “tiempo realizando investigación” (tabla 47) se midió en cantidad de semestres, con un rango de valores que fluctuó entre 1 y 18 semestres. El centro de la distribución tuvo un valor cercano a 4 en los estudiantes subgraduados y en torno a 7.33 en los estudiantes graduados. Así pues, se observó que el tiempo promedio realizando investigación fue

mayor en los estudiantes graduados. De igual forma, los resultados mostraron dispersión en los datos (ver figura 36). En relación con la forma de la distribución de la variable, se observó una distribución con asimetría positiva y leptocúrtica en los estudiantes subgraduados (cociente $IA/ET= 8.27$, cociente $IC/ET= 17.77$). Este resultado indica que existen valores extremos, aunque la agrupación de las respuestas de este grupo de estudiantes se sitúa en niveles de tiempo más bajo que los estudiantes graduados. Por su parte, los resultados (ver figura 35) reflejaron una distribución simétrica y mesocúrtica en el grupo de estudiantes graduados (cociente $IA/ET= 1.02$, cociente $IC/ET= -0.08$).

Tabla 47

Descriptivos variable tiempo realizando investigación

Variable	Estadístico	Estudiantes Subgraduados	Estudiantes Graduados
Tiempo realizando investigación	Media	4.10	7.33
	Media recortada al 5%	3.96	7.25
	Mediana	4.00	7.50
	Varianza	5.46	11.72
	Desviación típica	2.34	3.42
	Valor mínimo	1.00	1.00
	Valor máximo	18.00	16.00
	Rango	17.00	15.00
	Amplitud intercuartil	4.00	5.00
	Índice Asimetría (IA)	1.59	0.31
	Error típico (ET)	0.19	0.30
	Cociente IA/ET	8.27	1.02
	Índice curtosis (IC)	6.77	-0.05
	Error típico (ET)	0.38	0.59
	Cociente IC/ET	17.77	-0.08

Figura 35

Histograma de frecuencia de la variable tiempo realizando investigación

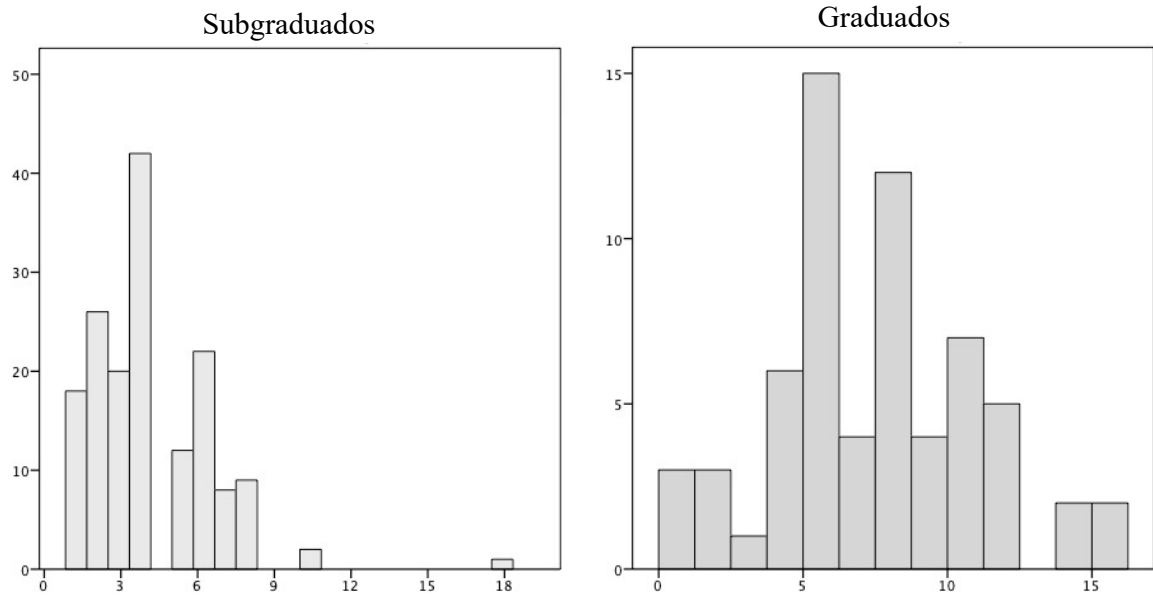
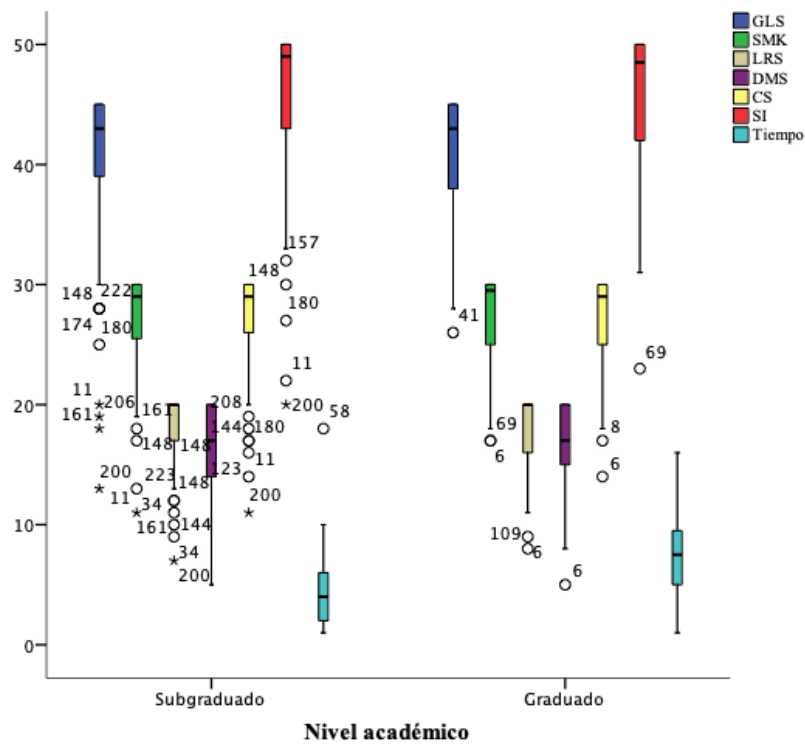


Figura 36

Diagrama de caja y bigote para las variables cuantitativas



La presente investigación también integró tres variables categóricas: el nivel académico de los estudiantes; el género; y la intención de planes académicos y profesionales futuros. En el apartado de caracterización de la muestra se abordó la distribución de frecuencia de estas variables. Sin embargo, en este apartado se analizó el centro y forma de las variables categóricas mediante el examen de los gráficos de barra. Por su parte, la dispersión se analizó mediante el Índice de Variación Cualitativa (IVC) (Pardo, Ruíz & San Martín, 2009). El IVC toma valores entre cero y uno. Valores iguales o cercanos a cero se observan cuando las frecuencias se agrupan en una categoría y, por consecuencia, existe una dispersión nula o mínima. Por su parte, el IVC con valores cercanos o igual a uno indican que la frecuencia se ha distribuido de manera uniforme en todas las categorías de la variable, siendo indicativo de dispersión máxima.

Como se presenta en la tabla 48, los valores de los IVC de las tres variables cuantitativas bajo estudio fueron igual o superior a 0.80, lo que indicó un alto grado de dispersión en las respuestas que ofrecieron los estudiantes en las categorías de cada variable. Cabe resaltar que la variable de intención de planes académicos y profesionales futuros obtuvo un valor cercano a 1 indicando la máxima dispersión, indicativo de que las respuestas de los estudiantes se distribuyeron en las diferentes categorías de respuestas.

Tabla 48

Índice de Variación Cualitativa

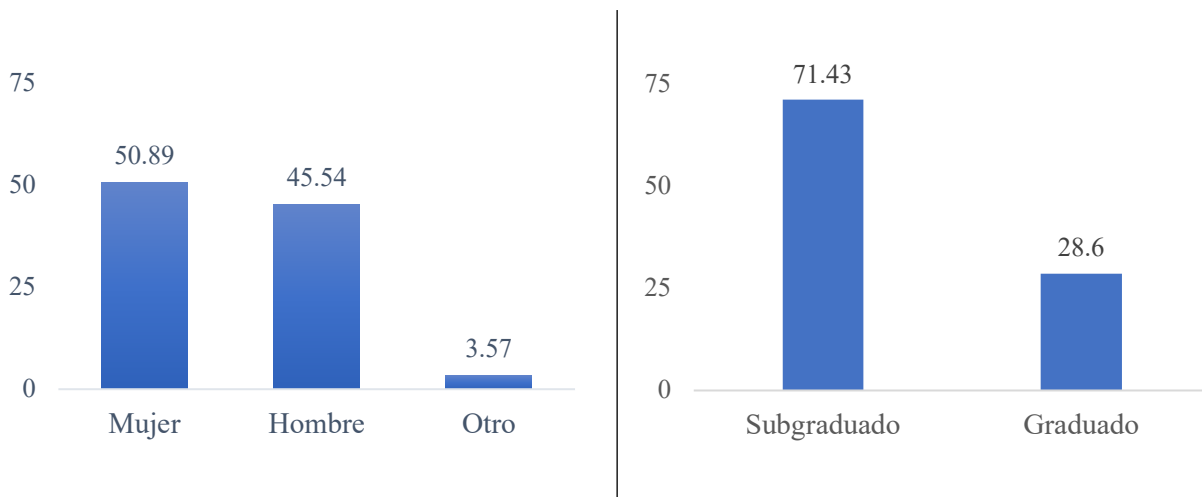
Variable	Valor del índice
Nivel académico	0.82
Género	0.80
Intención de planes académicos y profesionales futuros	0.97

Es importante mencionar que dada la baja frecuencia que presentaron las alternativas de respuesta de “otro” y “no deseo responder” de la variable género, se decidió unificar ambas categorías. Como muestra la figura 37, la mayor concentración de datos estuvo en las categorías de mujer ($f= 114$, 50.89%) y hombre ($f= 102$, 45.54%).

Respecto a la variable nivel académico, se observó que la mayoría de los estudiantes indicaron estar cursando un bachillerato, siendo la cantidad de estudiantes subgraduados casi 2.5 veces mayor que los estudiantes graduados. Por esta razón, para los análisis inferenciales se consideró comparar las relaciones entre las variables, teniendo en cuenta la diferencia en esta variable (ver figura 37).

Figura 37

Distribución porcentual de la variable género y nivel académico

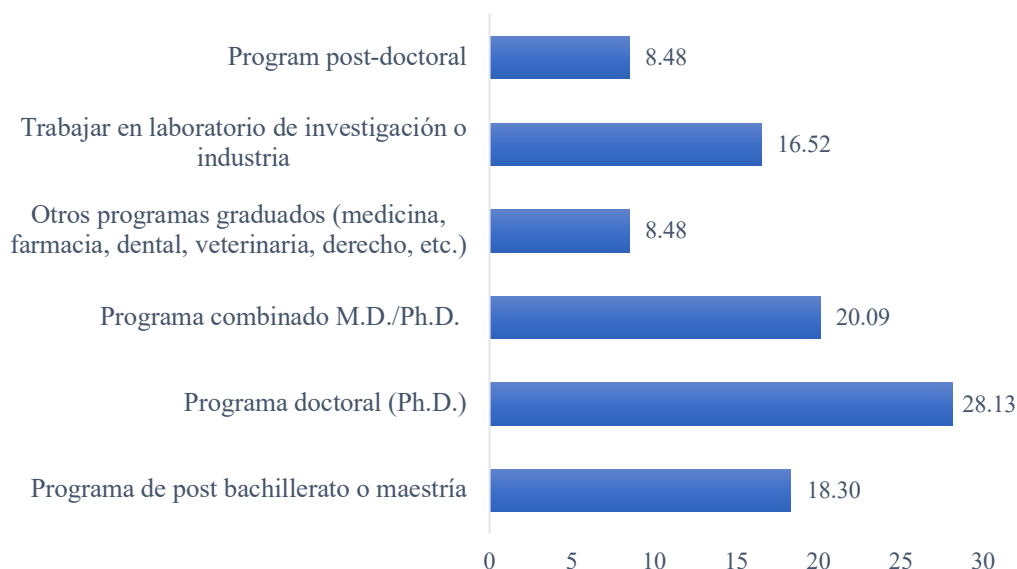


Dado el alto grado de dispersión que se observó en el análisis descriptivo de la variable de intención de planes académicos y profesionales futuros, se refinó la cantidad de categorías dentro de la misma. Concretamente, se eliminó la categoría de “finalizar el grado de bachillerato”, pues

el propósito de la pregunta era conocer sus planes una vez finalizados los estudios que cursaban actualmente y solo un estudiante subgraduado la seleccionó. De igual forma, se unificaron las categorías de “matricular un programa de post bachillerato” y “programa de maestría”, pues se entienden como grados preparatorios para un nivel doctoral. Asimismo, las categorías de “matricularse en escuela de medicina, farmacia, derecho o veterinaria” se unificaron, pues ambas corresponden a carreras profesionales que no implican un grado de PhD. Finalmente, las categorías de “trabajar en laboratorio de investigación y en la industria” se consolidaron, pues ambas implican entrar en el ámbito laboral en áreas relacionadas con STEM. Así pues, como se presenta en la figura 38, la variable de “intención de planes académicos y profesionales futuros” finalizó con seis categorías de respuestas.

Figura 38

Distribución porcentual de la variable intención de planes académicos y profesionales futuros



5.6.3.2. Análisis inferenciales. Con el propósito de conocer las posibles relaciones entre los factores que se identificaron mediante el juicio de expertos, el análisis factorial exploratorio y el análisis factorial confirmatorio con la consecución de metas profesionales en estudiantes que participan de experiencias de investigación, se realizaron los análisis inferenciales. Concretamente, mediante la realización de análisis inferenciales pudimos interpretar diferencias y relaciones presentes en las respuestas que ofrecieron los participantes respecto a los beneficios que obtuvieron de participar de programas de entrenamiento en investigación. Así pues, los análisis inferenciales permitieron valorar el comportamiento de los beneficios que los estudiantes perciben después de participar de experiencias de investigación a partir de su nivel académico. De igual forma, se analizó la relación entre los beneficios que indican los estudiantes y sus intereses académicos futuros, además de examinar posibles diferencias entre las respuestas de los participantes y sus intenciones académicas y profesionales futuras.

5.6.3.3. Análisis de varianza. Con el propósito de responder a las preguntas de investigación que deseaban comparar el nivel académico, planes académicos y profesionales futuros, así como el género con los beneficios que reportaron los estudiantes en cada uno de los factores que se evaluaron, se realizó un análisis de varianza con el fin de examinar el comportamiento de la variable dependiente a partir de la variable independiente. Previo a determinar el análisis que se incorporaría en esta investigación, se revisaron los supuestos de independencia, normalidad y homogeneidad de varianza (Pardo & San Martín, 2015).

El supuesto de independencia hace referencia a que los resultados de una observación no condicionan el resultado de otra observación (Pardo & San Martín, 2015). En esta dirección, podemos decir que, en esta investigación, la respuesta que un participante proporcionó a cada ítem

no estuvo condicionada por la respuesta de algún otro ítem. De igual forma, cada dato perteneció a un único sujeto, por lo que las observaciones del grupo fueron independientes. Durante el análisis descriptivo de los datos se identificó que la mayoría de las variables mostraron asimetría en la distribución de los datos, por ello, se procedió a comprobar el supuesto de normalidad mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov para bondad de ajuste y el estadístico de Shapiro- Wilk. Ambos estadísticos contrastan la hipótesis nula de que los datos proceden de poblaciones normales (Pardo & San Martín, 2015). En la tabla 49, se presentan los estadísticos asociados a cada una de las variables analizadas. Los valores de ambos estadísticos para todas las variables tienen niveles críticos menores que 0.05, por tanto, se rechaza la hipótesis nula de normalidad.

Tabla 49

Contraste de normalidad

Variable	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	Gl	Sig.
Destrezas generales de laboratorio	.222	224	.000	.760	224	.000
Conocimiento del método científico	.234	224	.000	.774	224	.000
Destrezas de revisión de literatura	.306	224	.000	.708	224	.000
Destrezas para el manejo de datos	.195	224	.000	.850	224	.000
Destrezas de comunicación	.222	224	.000	.775	224	.000
Identidad científica	.234	224	.000	.756	224	.000
Tiempo realizando investigación	.162	224	.000	.912	224	.000

De igual forma, se analizaron los gráficos $Q-Q$ normal para cada una de las variables y se observó que todas mostraron casos alejados de la diagonal, indicativo de desviaciones de la normalidad (véase anexo 11).

El supuesto de homocedasticidad se analizó mediante la prueba de Levene, basada en las medias y media recortadas y con la prueba de Brown-Forsythe, que se basa en las medianas con y sin corrección en los grados de libertad. Ambos estadísticos permitieron contrastar el supuesto de igualdad de varianza de las poblaciones. Como se presenta en la tabla 50, en la mayoría de las variables se observaron valores p mayores a 0.05, por lo cual se puede asumir igualdad de varianza, con excepción de la variable tiempo realizando investigación ($\text{sig.} < 0.05$).

Tabla 50

Pruebas de homogeneidad de varianza

		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Destrezas generales de laboratorio	Basándose en la media	0.81	1	222	0.37
	Basándose en la mediana	0.35	1	222	0.55
				206.2	
	Basándose en la mediana y con gl corregido	0.35	1	6	0.55
Conocimiento del método científico	Basándose en la media	0.30	1	222	0.59
	Basándose en la mediana	0.01	1	222	0.94
				220.5	
	Basándose en la mediana y con gl corregido	0.01	1	7	0.94
Destrezas de revisión de literatura	Basándose en la media recortada	0.27	1	222	0.61
	Basándose en la media	1.71	1	222	0.19
	Basándose en la mediana	0.03	1	222	0.86
				217.3	
Destrezas para el manejo de datos	Basándose en la mediana y con gl corregido	0.03	1	3	0.86
	Basándose en la media recortada	0.90	1	222	0.34
	Basándose en la media	0.41	1	222	0.53
	Basándose en la mediana	0.23	1	222	0.63
				221.5	
	Basándose en la mediana y con gl corregido	0.23	1	1	0.63

Destrezas de comunicación	Basándose en la media recortada	0.28	1	222	0.60
	Basándose en la media	0.85	1	222	0.36
	Basándose en la mediana	0.58	1	222	0.45
	Basándose en la mediana y con gl corregido	0.58	1	220.5 0	0.45
	Basándose en la media recortada	0.94	1	222	0.33
Identidad científica	Basándose en la media	0.33	1	222	0.57
	Basándose en la mediana	0.45	1	222	0.51
	Basándose en la mediana y con gl corregido	0.45	1	221.4 8	0.51
	Basándose en la media recortada	0.40	1	222	0.53
Tiempo realizando investigación	Basándose en la media	14.96	1	222	0.00
	Basándose en la mediana	15.46	1	222	0.00
	Basándose en la mediana y con gl corregido	15.46	1	209.7 4	0.00
	Basándose en la media recortada	15.31	1	222	0.00

Aunque se considera que el estadístico F es robusto ante desviaciones moderadas de los supuestos, al considerar que no se puede asumir normalidad en la distribución los datos que constituyeron la muestra de esta investigación, para analizar si los beneficios que expresaron los estudiantes difieren o no al considerar el nivel académico se incorporó la prueba de U de Mann-Whitney para muestras independientes. Asimismo, se procedió a utilizar la prueba de Kruskal-Wallis como procedimiento alternativo al estadístico F para conocer la relación entre los beneficios que obtienen los estudiantes y el tiempo realizando investigaciones con los planes académicos y profesionales futuros (Pardo & San Martín, 2015).

5.6.3.4. Prueba de U de Mann-Whitney: Comparaciones entre los beneficios de los estudiantes y el nivel académico. Los valores de los estadísticos U de Mann-Whitney y el estadístico W de Wilcoxon, así como sus niveles críticos asociados, no permiten rechazar la hipótesis de que el promedio de los beneficios que expresaron los estudiantes subgraduados difiere

significativamente de los estudiantes graduados (tabla 51). Se observa una diferencia significativa entre el tiempo que los estudiantes subgraduados y graduados indicaron llevar realizando investigaciones, siendo mayor el rango promedio en el grupo de estudiantes graduados ($Z= 6.84$, $p=0.00$).

Tabla 51

Resultados prueba de U Mann-Whitney

Variable	U de Mann-Whitney	W de Wilcoxon	Z	Sig.
Destrezas generales de laboratorio	5,322.00	7,392.00	0.45	0.66
Conocimiento del método científico	5,291.00	7,371.00	0.41	0.68
Destrezas de revisión de literatura	5,326.00	7,406.00	0.52	0.60
Destrezas para el manejo de datos	5,355.00	7,435.00	0.55	0.58
Destrezas de comunicación	4,963.00	7,043.00	-0.37	0.71
Identidad científica	4,859.50	6,939.50	-0.62	0.53
Tiempo realizando investigación	8,091.00	10,171.00	6.84	0.00

5.6.3.5. Prueba de Kruskal-Wallis: Comparaciones entre los beneficios de los estudiantes y el género. Con el propósito de comparar los beneficios que indicaron los estudiantes para cada uno de los seis factores con la variable categórica género que se definió en tres grupos (mujer, hombre, otro), se analizaron los datos con la prueba de Kruskal-Wallis. Como muestra la tabla 52, los valores de p que se asociaron al estadístico chi-cuadrado de Kruskal-Wallis, no permitieron rechazar la hipótesis nula de las distribuciones poblacionales de los beneficios que los estudiantes expresaron. Las destrezas evaluadas no difieren significativamente según el género. Sin embargo, se observaron diferencias significativas en la variable de identidad científica en función del género de los estudiantes ($X^2(2) = 0.78$, $p= 0.03$).

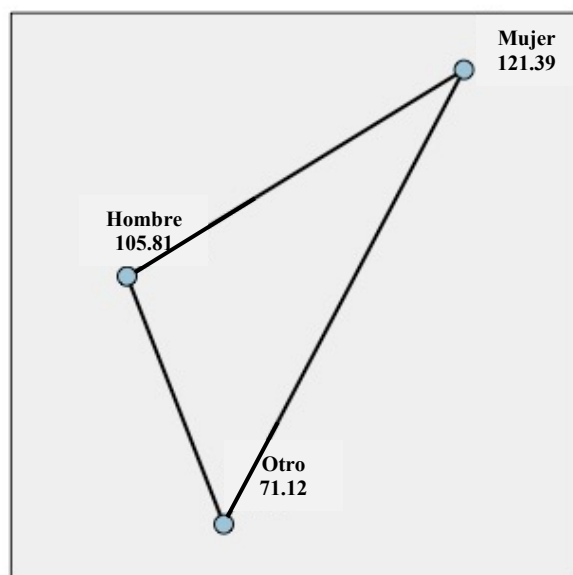
Tabla 52*Resultados prueba de Kruskal-Wallis*

Variables	Chi- cuadrado Kruskal-Wallis	gl	Sig. asintótica
Destrezas generales de laboratorio	3.84	2.00	0.15
Conocimiento del método científico	4.84	2.00	0.09
Destrezas de revisión de literatura	4.13	2.00	0.13
Destrezas para el manejo de datos	1.89	2.00	0.39
Destrezas de comunicación	3.14	2.00	0.21
Identidad científica	7.16	2.00	0.03
Tiempo realizando investigación	0.78	2.00	0.68

Con el propósito de conocer específicamente en qué grupos de la variable género se identificó la diferencia significativa en la variable de “identidad científica”, se procedió a realizar la prueba U de Mann-Whitney. Al analizar el diagrama de las medias de los rangos asignados a cada grupo en la variable género, se confirmó de manera visual que existe una diferencia en la identidad científica entre las mujeres, hombres y aquellos que seleccionaron otro, siendo mayores los valores de identidad científica en las mujeres (ver figura 39). En los resultados del estadístico de contraste de U de Mann-Whitney, se identificó una diferencia significativa entre la identidad científica entre las mujeres y el grupo de estudiantes que se identificó como otro, confirmando así lo detallado en los gráficos. Pese a que las mujeres obtuvieron valores mayores de identidad científica, solo se observó una diferencia significativa con el grupo de estudiantes que se identificaron como otro ($Z= 2.23, p= <0.05$; ver tabla 53).

Figura 39

Gráfico de líneas de la relación entre la identidad científica y el género

**Tabla 53**

Resultado de las comparaciones

Contraste	Valor del contraste	Error típico	Z	Sig.
Mujer- Hombre	15.58	8.41	1.85	0.64
Otro-Hombre	34.68	22.67	1.53	0.13
Otro-Mujer	50.27	22.58	2.23	0.03

Puesto que los resultados mostraron una diferencia significativa en la identidad científica entre los participantes que se identificaron como mujeres, se realizó un análisis estratificado para conocer si esta diferencia se mantenía en ambas categorías de la variable nivel académico. De esta forma, se analizaron, de manera estratificada por nivel académico, los beneficios que indicaron los estudiantes en los seis factores en función de la variable categórica género. Los resultados para el

grupo de estudiantes subgraduados no muestran diferencias significativas entre los beneficios que indicaron los participantes y su género ($p > 0.05$). Sin embargo, al analizar el grupo de estudiantes graduados se observaron comparaciones significativas no identificadas al analizar ambos grupos. Así pues, se identificó que en los estudiantes graduados existe una diferencia significativa, en función de la variable género, en las destrezas de revisión de literatura y en las destrezas de comunicación. De igual forma, se confirmó la diferencia estadísticamente significativa en la identidad científica en función de las categorías de la variable género que estaban presentes en el grupo de estudiantes graduados (ver tabla 54).

Tabla 54

Resultados prueba de Kruskal-Wallis por nivel académico de los estudiantes

Variables	Subgraduados		Graduados	
	Chi- cuadrado Kruskal-Wallis	Sig. asintótica	Chi- cuadrado Kruskal- Wallis	Sig. asintótica
Destrezas generales de laboratorio	2.51	0.29	1.68	0.43
Conocimiento del método científico	0.92	0.63	4.62	0.10
Destrezas de revisión de literatura	0.62	0.73	7.49	0.02
Destrezas para el manejo de datos	1.52	0.47	4.33	0.12
Destrezas de comunicación	1.69	0.43	6.12	0.05
Identidad científica	1.62	0.44	7.30	0.03
Tiempo realizando investigación	0.71	0.70	1.13	0.57

A fin de conocer específicamente en qué grupos de la variable género se identificaron las diferencias significativas en el grupo de estudiantes graduados, se realizaron comparaciones pareadas con la prueba U de Mann-Whitney para las variables destrezas de revisión de literatura, destrezas de comunicación e identidad científica. Al analizar el diagrama de las medias de los rangos asignados a cada grupo en la variable género (ver figura 40), se confirmó de manera visual

que las mujeres puntuaron más alto que los hombres y que aquellos estudiantes graduados que seleccionaron otro. De los resultados del estadístico de contraste de U de Mann-Whitney se identificó una diferencia significativa entre las destrezas para revisión de literatura entre las categorías de género de otro y mujer. ($Z= 2.60, p= 0.01$; ver tabla 55).

Figura 40

Gráfico de líneas de la relación entre la revisión de literatura y el género de los estudiantes graduado

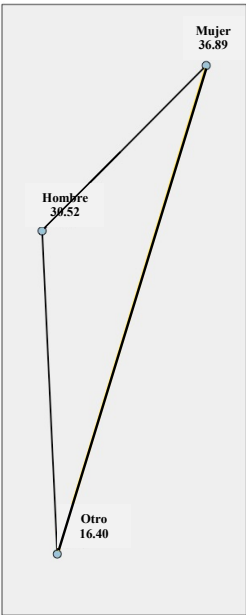


Tabla 55

Resultado de las comparaciones entre la revisión de literatura y el género de los estudiantes graduados

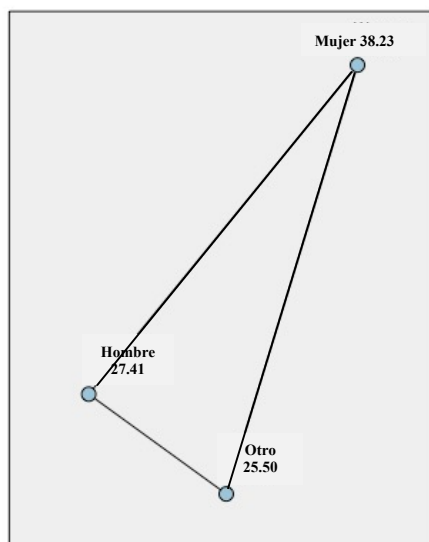
Contraste	Valor del contraste	Error típico	Z	Sig.

Mujer- Hombre	6.37	4.26	1.49	0.41
Otro-Hombre	14.12	7.40	1.78	0.08
Otro-Mujer	20.49	7.88	2.60	0.01

Respecto a las comparaciones por grupo en la variable de destrezas de comunicación, del diagrama de las medias de los rangos asignados a cada grupo en la variable género de los estudiantes graduados, se observó que las mujeres puntuaron más alto que los hombres y aquellos estudiantes graduados que seleccionaron otro (ver figura 41). Mediante los resultados del estadístico de contraste de U de Mann-Whitney se identificó una diferencia significativa en las destrezas de comunicación entre el grupo de estudiantes graduados que se identificó como mujer y el grupo de hombre. Concretamente, se encontró que las estudiantes graduadas tuvieron valores significativamente mayores en las destrezas de comunicación que sus compañeros que se identifican como hombres ($Z= 2.30$, $p= 0.02$; ver tabla 56).

Figura 41

Gráfico de líneas de la relación entre las destrezas de comunicación y el género de los estudiantes graduados

**Tabla 56**

Resultado de las comparaciones entre la revisión de literatura y el género de los estudiantes graduados

Contraste	Valor del contraste	Error típico	Z	Sig.
Mujer- Hombre	10.82	4.7	2.30	0.02
Otro-Hombre	1.91	8.75	0.22	0.83
Otro-Mujer	12.73	8.68	1.47	0.14

Finalmente, se analizaron las comparaciones en la identidad científica en función del género de los estudiantes graduados. En el diagrama de las medias de los rangos asignados a cada grupo en la variable género de los estudiantes graduados, se observó que las mujeres puntuaron más alto en la variable de identidad científica que los hombres y que aquellos estudiantes graduados que seleccionaron otro (ver figura 42). Al analizar los resultados del estadístico de

contraste de U de Mann-Whitney se identificó una diferencia significativa en las destrezas de comunicación entre el grupo de estudiantes graduados, donde se identificó una diferencia significativa en los valores de identidad científica entre las categorías de género mujer y hombre $p= 0.03$ y al comparar los grupos otro y mujer $p= 0.04$. Por tanto, el grupo de estudiantes graduados que se identificó como mujer mostró valores significativamente mayores de identidad científica que los hombres y aquellos que se identificaron como otro (ver tabla 57).

Figura 42

Gráfico de líneas de la relación entre la identidad científica y el género de los estudiantes graduados

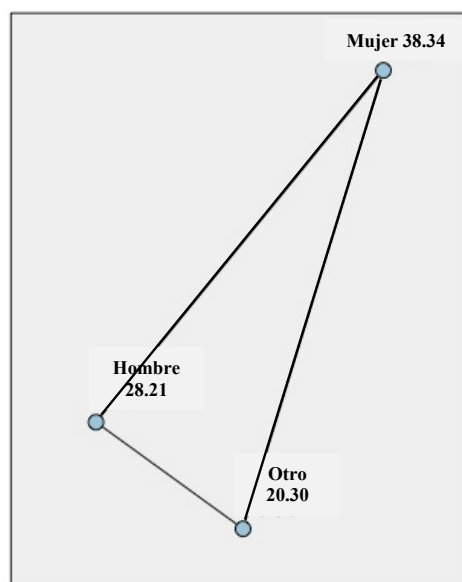


Tabla 57

Resultado de las comparaciones entre la identidad científica y el género de los estudiantes graduados

Contraste	Valor del contraste	Error típico	Z	Sig.
Mujer- Hombre	10.12	4.64	2.18	0.03
Otro-Hombre	7.91	8.65	0.92	0.36
Otro-Mujer	18.04	8.59	2.1	0.04

5.6.3.6. Prueba de Kruskal-Wallis. Comparaciones entre los beneficios de los estudiantes y sus intenciones académicas y profesionales futuras. Para comparar los beneficios que los estudiantes indicaron en los seis factores y sus intenciones académicas y profesionales futuras (variable categórica con seis alternativas), se realizó la prueba estadística de Kruskal-Wallis. Como se muestra en la tabla 58, no se observaron diferencias en los beneficios que los estudiantes indicaron en relación con sus intenciones académicas y profesionales futuras. Sin embargo, el estadístico de Kruskal-Wallis ($\chi^2_{5;0.95} = 56.32$) y su nivel crítico ($p=0.00$) permitieron identificar que existe diferencia en el tiempo medio que los estudiantes llevaban realizando investigaciones y sus intenciones de planes futuros.

Tabla 58

Resultados prueba de Kruskal-Wallis

Variables	Chi- cuadrado Kruskal-Wallis	gl	Sig. asintótica
Destrezas generales de laboratorio	5.72	5	0.33
Conocimiento del método científico	7.66	5	0.18
Destrezas de revisión de literatura	5.60	5	0.35
Destrezas para el manejo de datos	7.66	5	0.18
Destrezas de comunicación	6.66	5	0.25
Identidad científica	7.32	5	0.20
Tiempo realizando investigación	56.32	5	0.00

Con el objetivo de conocer específicamente en qué grupos de la variable intenciones académicas y profesionales futuras se identificaron las diferencias significativas con respecto al tiempo realizando investigaciones, se realizaron comparaciones pareadas con la prueba de U de Mann-Whitney. La tabla 59 muestra los resultados para cada uno de los contrastes. Al considerar los niveles críticos asociados con cada contraste, se encontró que la mediana del tiempo realizando investigaciones es significativamente mayor en aquellos estudiantes cuya intención al culminar estudios era matricularse en un programa doctoral (PhD.) a diferencia de aquellos otros que deseaban matricularse en un programa de post bachillerato o maestría. De igual forma, la mediana del tiempo realizando investigaciones es significativamente mayor en aquellos estudiantes cuyos planes futuros académicos incluye matricularse en un programa postdoctoral ($p= 0.00$) o trabajar en un laboratorio de investigación o industrial ($p= 0.00 - 0.01$) que en las otras las categorías de la variable intenciones académicas y profesionales futuras.

Tabla 59

Variables de intenciones académicas y profesionales futuras

Contraste	Valor del contraste	Error típico	Z	Sig.
Programa de post bachillerato o maestría- Programa combinado M.D./PhD.	-17.15	13.87	-1.24	0.22
Programa de post bachillerato o maestría- Otros programas graduados (medicina, farmacia, dental, veterinaria, derecho, etc.)	-30.36	17.83	-1.70	0.09
Programa de post bachillerato o maestría- Programa doctoral (PhD.)	-45.05	12.89	-3.50	0.00
Programa de post bachillerato o maestría- Trabajar en laboratorio de investigación o industria	-78.53	14.57	-5.39	0.00
Programa de post bachillerato o maestría- Programa postdoctoral	-106.92	17.83	-6.00	0.00
Programa combinado M.D./PhD. - Otros programas graduados (medicina, farmacia, dental, veterinaria, derecho, etc.)	-13.21	17.57	-0.75	0.45

Programa combinado M.D./PhD. - Programa doctoral (PhD.)	27.90	12.54	2.23	0.26
Programa combinado M.D./PhD. - Trabajar en laboratorio de investigación o industria	-61.38	14.25	-4.31	0.00
Programa combinado M.D./PhD. - Programa post-doctoral	-89.76	17.57	-5.11	0.00
Otros programas graduados (medicina, farmacia, dental, veterinaria, derecho, etc.)- Programa doctoral (PhD.)	14.87	16.81	0.87	0.38
Otros programas graduados (medicina, farmacia, dental, veterinaria, derecho, etc.)- Trabajar en laboratorio de investigación o industria	-48.17	18.13	-2.66	0.01
Otros programas graduados (medicina, farmacia, dental, veterinaria, derecho, etc.)- Programa post-doctoral	-76.55	20.84	-3.67	0.00
Programa doctoral (PhD.)- Trabajar en laboratorio de investigación o industria	-33.48	13.30	-2.52	0.01
Programa doctoral (PhD.)- Programa post-doctoral	-61.87	16.81	-3.68	0.00
Trabajar en laboratorio de investigación o industria- Programa post-doctoral	-28.39	18.13	-1.57	0.12

5.6.3.7. Cuantificación del tamaño del efecto. Con el propósito de cuantificar la magnitud de la intensidad de las relaciones que se encontraron significativas en los análisis bivariados, se analizó el *coeficiente de correlación Rho de Spearman*, dado el incumplimiento del supuesto de normalidad. Sin embargo, con el fin de valorar la relevancia de la relación y conocer la proporción de varianza compartida entre las variables, se analizó el coeficiente de determinación. La interpretación del tamaño del efecto se realizó conforme a las recomendaciones de Cohen (1992), que establecen valores en torno a 0.10 como efectos de tamaño pequeño, los cercanos a 0.30 como medio y alrededor de 0.50 como un tamaño de efecto grande.

Los resultados que se presentaron en el apartado anterior permitieron identificar diferencias significativas entre la variable tiempo realizando investigación y las variables de nivel académico. De igual forma, se encontró una diferencia significativa entre la variable tiempo realizando investigación y las intenciones académicas y profesionales futuras de los estudiantes. Para conocer

la magnitud de la relación entre estos pares de variables se analizó el coeficiente de correlación de Spearman.

Como puede verse en la tabla 60, los resultados del análisis mostraron una relación significativa y moderada entre las variables tiempo realizando investigación y el nivel académico, así como entre la variable tiempo realizando investigación y las intenciones académicas y profesionales futuras de los estudiantes ($R_s = 0.46$ y $R_s = 0.39$, respectivamente). Contextualizando los resultados, los estudiantes graduados (con mayor nivel académico) tienden a haber estado un mayor tiempo investigando y expresan intenciones académicas y profesionales futuras más altas. El valor de coeficiente de determinación indicó que el tiempo realizando investigaciones y el nivel académico del estudiante (subgraduado o graduado) compartían un 23% de varianza total. En otras palabras, conocer el nivel académico del estudiante permitió mejorar nuestro conocimiento en cuanto al tiempo que estos llevaban realizando investigaciones en un 23%. Asimismo, se pudo identificar que el porcentaje de varianza compartida entre la variable tiempo realizando investigaciones y las intenciones académicas y profesionales futuras de los estudiantes fue de un 15%.

Tabla 60

Relación entre la variable tiempo realizando investigación con el nivel y las intenciones académicas y profesionales futuras de los estudiantes

		Nivel académico	Intenciones académicas y profesionales futuras
Tiempo realizando investigaciones	Coeficiente de correlación	0.46**	0.39**
	Rho de Spearman		
	Sig. (bilateral)	0.00	0.00
	Coeficiente de determinación	0.21	0.15
	N		224

** La correlación es significativa al nivel .01 (bilateral).

Otra comparación que resultó significativa en los análisis bivariados fue entre la variable de género y la de identidad científica. Esta comparación se realizó de dos formas, considerando el total de estudiantes y mediante un análisis estratificado por la variable de nivel académico. El análisis de la relación entre ambas variables siguió los mismos parámetros de análisis, resaltando que solo se examinaron las relaciones para el grupo de estudiantes graduados, pues en ellos se encontraron diferencias significativas.

Como se presenta en la tabla 61, se encontró una relación negativa y baja entre la variable género y la identidad científica de los estudiantes. Sin embargo, al analizar los datos, estratificando por la variable nivel académico, se identificó una relación monótona moderada y negativa entre la variable género y la identidad científica con el grupo de estudiantes graduados. Para dar sentido a los resultados es importante aclarar que la variable género se codificó como 1=Mujer, 2=Hombre y 3=Otro. En esta dirección, la relación negativa y significativa entre ambas variables indicó que puntuaciones bajas en la variable género (Mujer) presentaron beneficios mayores en la variable de identidad científica en las estudiantes graduadas.

Sin embargo, al analizar la proporción de varianza compartida, en el contexto de todos los estudiantes, la variable género e identidad científica solo comparten el 3% de la variabilidad total. Al analizar los resultados del coeficiente de determinación, considerando el estrato de estudiantes graduados, la proporción de varianza que comparten estas dos variables aumentó a un 12%.

Tabla 61

Relación entre el género de los estudiantes y la identidad científica

		Identidad científica (todos)	Identidad científica (graduados)
Género	Coeficiente de correlación Rho de Spearman	-0.16**	-0.34**

Sig. (bilateral)	0.02	0.01
Coefficiente de determinación	0.03	0.12
N	224	64

** La correlación es significativa al nivel .01 (bilateral).

Finalmente, al comparar, mediante un análisis estratificado por la variable de nivel académico, la variable de género con las destrezas de revisión de literatura y comunicación, se encontraron diferencias significativas en el grupo de estudiantes graduados. De manera que, al analizar la relación entre estos pares de variables se identificó una relación monótona, moderada y negativa entre ellos (tabla 62). Los coeficientes de determinación mostraron un 10% de varianza compartida entre la variable género y las destrezas de comunicación, así como entre el género y las destrezas de revisión de literatura de los estudiantes graduados. Por ello, las mujeres (puntuación más baja en la codificación de la variable género) presentaron valores significativamente mayores en las destrezas de revisión de literatura y comunicación.

Tabla 62

Relación entre el género y las destrezas de revisión de literatura y comunicación en estudiantes graduados

	Destrezas de revisión de literatura (graduados)	Destrezas de comunicación (graduados)
Coefficiente de correlación Rho de Spearman	-0.31	-0.31
Género Sig. (bilateral)	0.01	0.01
Coefficiente de determinación	0.10	0.10
N	64	

Conclusiones

El trabajo de investigación que aquí se aborda pretende, desde un acercamiento metodológico mixto, aportar evidencias relacionadas con los factores y beneficios que fomentan el éxito académico y profesional en estudiantes hispanos que participan en programas de adiestramiento en investigación. Siguiendo las especificaciones de un método mixto con diseño secuencial exploratorio y un modelo de desarrollo de instrumento (Creswell & Plano-Clark, 2018), esta investigación se desarrolló en dos fases, una primera etapa de corte cualitativa y la segunda de carácter cuantitativa.

La etapa cualitativa en su primera fase facilitó la descripción y el análisis de aquellas destrezas o habilidades que profesores que dirigen programas de entrenamiento en investigación, identifican como necesarias para el desarrollo exitoso de los estudiantes en áreas y carreras en STEM. El análisis del contenido de la información cualitativa que se recopiló mediante entrevistas a dichos profesores formó parte del proceso de codificación con el que se crearon una serie de dimensiones y categorías. Tras la identificación de las líneas teóricas que existen en la literatura sobre el tema bajo estudio, estas se contrastaron con las dimensiones y categorías codificadas anteriormente. Como producto de esta fase, se creó un instrumento que permitió unificar aquellos elementos relevantes y que a su vez poseen una significación similar en la literatura actual, respecto al desarrollo de destrezas que se espera que propicien el éxito en estudiantes que participan de experiencias de investigación en diferentes instituciones educativas de Puerto Rico.

De igual forma, esta investigación aportó evidencias relacionadas con las propiedades técnicas del instrumento creado desde varias perspectivas, entre las que destacan la validez del

contenido del instrumento gracias a la justificación teórica y al juicio de expertos, así como la validez de la estructura interna mediante el análisis factorial exploratorio y confirmatorio.

Durante la segunda fase de carácter cuantitativa de esta tesis doctoral, se analizaron posibles beneficios que pudieron haber disfrutado los 228 participantes y estudiantes que respondieron al cuestionario que se generó como producto de la fase cualitativa. De los siete factores inicialmente propuestos se re-especificó el modelo conceptual del instrumento reduciendo a seis las categorías de análisis bajo las cuales se recopiló información sobre aquellos beneficios relacionados con el desarrollo de destrezas generales de investigación, conocimiento del método científico, revisión de literatura, manejo de datos, comunicación e identidad científica. También, se analizó el tiempo que dedicaron a investigar, así como el género y sus intenciones futuras a nivel académico y profesional.

En este capítulo se discutirán los hallazgos de cada una de las fases del estudio, considerando el marco teórico que apoya la investigación, el objetivo general y los objetivos específicos. La argumentación de los hallazgos permitió encontrar equivalencias y discrepancias con estudios previos, a fin de generar conclusiones y aportaciones al campo de investigación en STEM. De igual forma, desde un enfoque más reflexivo se presentan aquellas limitaciones en el desarrollo de la investigación, así como ideas acerca de la prospectiva de la temática que pudiera aportar al desarrollo de futuros estudios e incrementar la representación de hispanos en STEM.

Dimensiones cualitativas

Durante la fase cualitativa de esta investigación se identificaron y se analizaron principalmente tres dimensiones: las destrezas de investigación, destrezas profesionales y aspectos de la personalidad, como ejes que ayudan a los estudiantes a ser exitosos en áreas y carreras en

STEM. En esta dirección, se concluye que para lograr la integración de un estudiante en un entorno de investigación en STEM, este debe desarrollar conocimientos y prácticas propias de su disciplina y de su línea de investigación. También se puede concluir que, pese a las singularidades que pueda tener cada laboratorio y línea de investigación, existen unas destrezas generales que son transversales a todo tipo de investigación que el estudiante debe desarrollar para poderlo aplicar en diversos problemas o preguntas de investigación y contextos. Partiendo de lo expuesto por Litzinger (2011), es significativo que el estudiante logre transferir los conceptos básicos aprendidos durante su formación académica a escenarios prácticos tales como un laboratorio de investigación, lo que facilitará la comprensión conceptual de la disciplina (The National Academies Press, 2017). De las narrativas de los profesores, directores de programas de investigación, concluimos que las experiencias de investigación de los estudiantes promueven un acercamiento práctico a partir del conocimiento profundo de los diferentes procesos de investigación, así como del desarrollo de destrezas técnicas para la resolución de problemas científicos. Simultáneamente, los resultados de esta investigación reafirman los hallazgos de Adedokun et al. (2013), Estrada et al. (2011), Kardas (2000) y Lopatto (2007, 2010), donde se enfatiza que, más allá de los conocimientos que el estudiante debe tener capacidad de trabajar de manera autónoma y simultáneamente integrado a un equipo para solucionar problemas regidos por normas éticas, es de importancia para alcanzar el éxito en STEM.

Bajo la dimensión de destrezas profesionales, se confirmaron otras habilidades transversales a toda profesión en STEM, como son la revisión de literatura, el manejo de datos y la comunicación. Respecto a la categoría de destrezas de revisión de literatura, hay que mencionar que solo dos de los cinco profesores entrevistados mencionaron la importancia de revisar, analizar e interpretar la información. No obstante, la inclusión de esta categoría en la versión final del

instrumento se sustentó en la relevancia que toma el manejo de la información para el desarrollo de ciudadanos críticos capaces de tomar decisiones basadas en evidencia (Battelle for Kids, 2019).

De forma paralela, se destaca que para que un estudiante tenga éxito en STEM debe desarrollar destrezas para el manejo de datos, las cuales abarcan el conocimiento estadístico y el manejo de programas para el análisis e interpretación de la información. Indiferentemente de los campos profesionales y el contexto cultural, la educación en STEM requiere de los estudiantes una amplia y arraigada alfabetización matemática con la que integrar el pensamiento matemático y computacional (National Research Council, 2015; The National Academies Press, 2017). Tal y como se expresa en el *National Science & Technology Council* (2018), nuestros resultados también permiten concluir que el objetivo de la formación en STEM debe ser el de desarrollar conocimientos matemáticos aplicados a contextos, lo que a su vez fomenta habilidades necesarias para solucionar problemas cotidianos como el pensamiento lógico, el razonamiento y el pensamiento crítico.

Otro factor que se encuentra bajo la dimensión de destrezas profesionales y que también promueve el éxito de los estudiantes en STEM lo son las destrezas de comunicación. Nuestros resultados cualitativos avalan la importancia de desarrollar en los estudiantes destrezas que potencien la visión del científico como comunicador, con capacidad de transmitir su conocimiento de manera oral y escrita, tanto a miembros de la comunidad científica como a personas fuera del campo profesional. De igual forma, pese a que dos profesores hicieron hincapié en la importancia del dominio del inglés como segundo idioma, solo uno de los cinco profesores entrevistados indicó que su programa provee un curso para mejorar el aprendizaje del inglés en sus estudiantes. Ciertamente se coincide con la literatura científica al valorar la importancia del dominio de otros idiomas como competencia del siglo XXI (Battelle for Kids, 2019), sin embargo, el propósito

principal de esta investigación era conocer los beneficios directos que los estudiantes obtienen después de participar de experiencias de investigación, por lo que al conocer que los cursos de inglés no son un ofrecimiento directo de los programas que representaron los profesores, no se pueden evaluar estos resultados.

La última dimensión que se identificó a partir de las entrevistas a los profesores hace referencia a la personalidad, categorizando en ella la identidad científica y la clarificación de planes futuros. De los resultados que se obtuvieron se puede determinar la importancia de lograr la integración en los trabajos del día a día de un laboratorio, para así poder tener una experiencia de aprendizaje significativa y transformadora. En esta dirección, a partir de los resultados cualitativos se concluye que, para que un estudiante tenga éxito en STEM debe desarrollar: sentido de pertenencia a un proyecto, capacidad creativa al desarrollar e innovar en sus investigaciones, ser persistente ante los desafíos y desarrollar una gran confianza en sus capacidades. Lo antes expuesto facilitará que un estudiante se identifique como científico y se sienta capaz de contribuir a su campo de investigación, promoviendo así su retención en STEM. En esta dirección, la reciente literatura también avala la importancia de evaluar los cambios psicológicos que puedan surgir en los estudiantes como resultado de su participación en programas de investigación y en la toma de decisiones académicas y profesionales futuras (Chemers, Zurbriggen, Syed, Goza, & Bearman, 2019; Schultz et al., 2011a).

En este aspecto, la literatura muestra que el sentido de pertenencia puede ser un predictor del nivel de análisis, valoración y discusión con el que los estudiantes comentan los resultados de sus estudios con otros (Hanauer, Graham & Hatfull, 2016). En el caso de estudiantes que provienen de grupos menos representados en ciencias, el trabajo de Chemers et al. (2011) destaca el constructo psicológico de “autoeficacia e identidad científica”, como mediadores del compromiso de

permanecer estudiando e investigando en áreas relacionadas con las ciencias. De igual forma, la investigación de Estrada et al. (2011) sustenta también como predictores de la posibilidad de que los estudiantes se integren en las ciencias, la variable de autoeficacia, identidad científica y validación por parte de la comunidad científica. Así pues, los resultados de las entrevistas a los profesores y la información tomada de la literatura confirman la importancia de evaluar los beneficios que los estudiantes obtienen en aspectos intrínsecos de índole emocional y psicológica, ya que pueden determinar la retención de los estudiantes en STEM.

Si adoptamos la definición que provee la Academia Nacional para las Ciencias (2017) respecto a lo que puede considerarse una experiencia de investigación auténtica, podemos concluir que los resultados y beneficios que los profesores que dirigen programas de investigación, en Puerto Rico, desean promover en sus estudiantes están alineados a las metas que se establecen a nivel de EE. UU. Si visualizamos a los profesores e investigadores que se entrevistaron en este estudio como empleadores en sus respectivos campos profesionales, podemos ver cómo estos reclutan a jóvenes estudiantes como personal para sus laboratorios basándose en una línea de pensamiento que es similar tanto en los hallazgos de la fase cualitativa de esta investigación, como en los estudios sobre el mercado laboral actual. En esta dirección, tanto los profesores como los empresarios concurren en la necesidad de que los contratados, para ser exitosos en STEM, posean destrezas como: el pensamiento crítico, el trabajo en equipo, el análisis y la interpretación de datos, la aplicación del conocimiento a situaciones reales, que se pan comunicarse de manera efectiva, y que resuelvan problemas (Casner-Lotto, Jill; Barrington, 2006; Finley, 2020).

La creación del instrumento para evaluar los beneficios de los estudiantes que participan de experiencias de investigación

Las categorías de análisis de la fase cualitativa de este estudio propiciaron el desarrollo de un instrumento de investigación, cuyas propiedades psicométricas fueron evaluadas mediante el estudio técnico del instrumento, incorporando técnicas como el juicio de expertos, el análisis factorial exploratorio y el análisis factorial confirmatorio. Partiendo del contraste de las evidencias de validez obtenidas de estudios similares que evalúan las experiencias de investigación de jóvenes estudiantes, destacamos que el instrumento desarrollado en este estudio ha mostrado valores del coeficiente de fiabilidad de alpha de Cronbach superiores a los expuestos en la literatura.

Pocos son los estudios que se enfocan en el análisis de los resultados y beneficios que obtienen los estudiantes que pertenecen a razas o etnias pocos representadas en STEM. Sin embargo, al contrastar las escalas que evalúan tanto las destrezas de laboratorio como el conocimiento del método científico, el instrumento creado en esta investigación tiene una muy buena fiabilidad e incluso superior a los que reportan Adedokun, et al. (2013), Kardash (2000) y Weston & Laursen (2015) en escalas que evalúan prácticas similares a las que se contemplan en estos dos factores.

En relación con las destrezas de revisión, también se observa que el instrumento resultante de esta tesis doctoral presentó valores en el coeficiente de fiabilidad muy buenos y superiores a los indicados por Adedokun, et al., (2013), aunque menores al de los valores del instrumento de Weston & Laursen (2015), concretamente en las destrezas de comunicación. Respecto al concepto de identidad científica, Brenner et al. (2018) y Estrada et al. (2011) reportaron valores del índice de fiabilidad entre 0.85 y 0.86, respectivamente. Sin embargo, para el mismo constructo, nuestros resultados reflejaron valores superiores $\alpha=0.93$. De manera que se concluye que, en todos los factores que evalúa el instrumento producto de esta investigación doctoral se obtienen índices de fiabilidad muy buenos y superiores a los encontrados en estudios previos.

Las evidencias de validez relativas a la estructura interna que se recopilaron mediante el AFC confirman que el el modelo de seis factores presenta un grado de ajuste aceptable a los datos recopilados durante la etapa cuantitativa de la investigación. Las modificaciones que se incorporaron al modelo de 6 factores, con el propósito de mejorar el ajuste global, sugirieron que el ítem DMS5 “Interpretar los resultados de sus datos en relación con su hipótesis original”, se correlaciona con el factor de “conocimiento del método científico”. Desde el punto de vista teórico, este resultado pudiera mostrar que, como parte de aplicar el método científico, se requiere del análisis y la interpretación de resultados respecto a las hipótesis planteadas.

De la versión original del instrumento se eliminaron algunos ítems que mostraron saturaciones dobles que, desde el punto de vista teórico, no tienen sentido. Un ejemplo de ello fueron los ítems SI1 (sentirse confiado en su capacidad de contribuir a la ciencia), SI2 (conocer cómo los científicos trabajan en problemas), y el SI3 (involucrarse en un trabajo real de investigación científica), que hacían referencia a la identidad científica, y a la vez mostraron saturaciones en el factor de “destrezas de comunicación”. Por su parte, el ítem GLS10 (Ser proactivo en el trabajo de investigación) obtuvo saturaciones en los factores de destrezas de comunicación y conocimiento del método científico y puesto que el resultado tampoco podía ser explicado desde la teoría, tuvo que ser eliminado.

Los resultados del análisis de la discriminación de los ítems indicaron que el CS6 (Escribir un artículo científico para publicación), se debía eliminar pues el coeficiente de fiabilidad del factor de “destrezas de comunicación” aumentaba. Pese a que en investigaciones previas este ítem está incorporado en los instrumentos, los resultados del análisis de las categorías de respuestas indicaron que cerca del 33% de los participantes expresan que las experiencias de investigación les aporta beneficios de forma moderada o escasa a esta destreza. Desde el punto de vista de la

investigadora de esta tesis, este hallazgo puede responder a dos planteamientos. El primero es que el 71.43% de la muestra la integraron estudiantes de bachillerato, para los cuales no es común haber publicado un estudio de investigación, a diferencia de la productividad científica de aquellos estudiantes graduados, que se va incrementando en sus últimos años académicos, ya que van publicando los resultados que van obteniendo de sus estudios. El segundo planteamiento es que la probabilidad de publicar en revistas de investigación *peer-reviewed* suele ser menor entre estudiantes de bachillerato, apenas el 8% de los estudiantes que participan en este estudio pudieron justificar este beneficio (Lopatto 2010). Por ello, la investigadora de esta tesis decidió eliminar el ítem.

Si bien la literatura aborda el concepto de “identidad científica” y su importancia para mediar la persistencia y retención de los estudiantes en STEM, los resultados de los análisis psicométricos que se realizaron en esta investigación sugirieron que los ítems en el factor de identidad científica y clarificación de carreras y planes futuros saturaban en ambos factores, razón por la cual se unificaron en uno. Desde el punto de vista teórico, la consolidación de ambos factores se puede explicar desde una aproximación a la psicología social, que aborda la relación entre la identidad y el comportamiento, concretamente aquellos estudios centrados en la aproximación entre los conceptos de autoeficacia e identidad científica en los estudiantes. Sin embargo, se mantuvo el nombre de identidad científica, puesto que los ítems permitieron valorar el autoconcepto que se tienen los estudiantes, y cómo estos se posicionan e interactúan dentro de la comunidad científica (Brenner, Serpe, & Stryker, 2018).

Otro hallazgo relevante a las propiedades técnicas del instrumento fueron las correlaciones entre los factores, de las cuales destaca una alta correlación entre las destrezas de comunicación y la identidad científica ($r = 0.89$). A simple vista pareciera que esta correlación no pudiera tener

una explicación teórica, sin embargo, al analizar detalladamente los ítems que correspondían al factor de destrezas de comunicación, la investigadora identificó una plausible explicación que parte de las definiciones propuestas por Brenner et al. (2018) y Chemers et al. (2019) sobre el concepto de identidad científica. De los seis ítems que componen el factor de destrezas de comunicación, tres hacen referencia a comunicar resultados a la comunidad científica, lo que evoca a la idea de identidad social y la importancia de los roles del grupo para instaurar el sentido de pertenencia. Esos tres ítems son “comunicación oral de los hallazgos de su investigación”, “responder preguntas con argumentos sustentados con literatura y datos empíricos” y “explicar su investigación a personal fuera de su campo de trabajo”.

También, se identificó una alta relación entre el factor de destrezas generales de laboratorio y el conocimiento del método científico ($r = 0.82$). Desde el punto de vista empírico varias investigaciones relacionan la participación en experiencias de investigación con el dominio de destrezas propias de un laboratorio. En esta línea, poder realizar una investigación requiere conocer y aplicar el método científico en el escenario de un laboratorio que se rige por protocolos, reglas de seguridad y estándares éticos. De igual manera, una aproximación teórica nos permite explicar esta relación con un acercamiento al concepto de autoeficacia científica que desarrollan Estrada et al. (2011) y Robnett et al. (2015), que hacen referencia a la percepción que tiene el estudiante sobre su habilidad o capacidad para realizar tareas específicas relacionadas con el trabajo en el laboratorio. Así pues, vemos cómo desde el ámbito empírico y teórico se espera una alta asociación entre ambos factores, lo que quizás pudiera sugerir un factor de segundo orden.

Al considerar relevante el contexto de las investigaciones que se citan previamente, nos percatamos que los instrumentos que se han desarrollado hasta ahora han sido en contextos predominantemente con participantes blancos. Es decir, las investigaciones realizadas que han

medido conceptos que hacen alusión al desarrollo de destrezas, beneficios e identidad científica en una población que está poco representada en STEM, sus investigadores principales han sido predominantemente hombres blancos. De manera que, podemos indicar que este estudio es el primer esfuerzo por desarrollar un instrumento fundamentado en visiones, conocimientos y percepciones de profesores, investigadores y directores de programas, cuyo origen étnico y racial es hispano y que trabajan con estudiantes principalmente latinos. Por lo que el instrumento aporta evidencias de validez en contextos de hispanos, específicamente de Puerto Rico.

Beneficios que reportan los estudiantes después de participar de programas de experiencia en investigación

Otro objetivo de esta investigación era indagar qué beneficios pueden disfrutar los estudiantes hispanos después de participar de experiencias de investigación, tras analizar las respuestas de 228 estudiantes al instrumento antes descrito. De forma resumida y genérica, puede concluirse que los estudiantes expresaron altos niveles de beneficios en todas las destrezas evaluadas.

En relación a las destrezas generales de laboratorio, se puede concluir que los estudiantes participantes en este estudio obtuvieron grandes beneficios. Los mayores beneficios fueron el trabajar de manera independiente en un estudio de investigación, el ceñirse a las normas éticas que rigen la investigación y el desarrollo de destrezas para seguir procesos de investigación experimental.

Respecto a las destrezas que incluyó el factor de conocimiento del método científico, también se observaron niveles de beneficios altos. El ítem con mayor selección en la categoría de beneficio moderado fue “Descifrar los pasos que debe seguir en su proyecto de investigación”.

Durante esta investigación, no se encontraron diferencias significativas relacionadas con el nivel académico y el género indicado por los participantes, en cuanto a los beneficios en las destrezas generales de laboratorio y en el conocimiento del método científico. Estos resultados son similares a los hallazgos de Lopatto (2004, 2007), cuyos participantes destacaron beneficios altos en el aprendizaje de los procesos de investigación, problemas científicos y técnicas de laboratorio indistintamente del género del estudiante.

Los resultados de las respuestas de los participantes de este estudio indicaron altos niveles de beneficio en destrezas de revisión de literatura. Por su parte, el análisis estratificado de los datos por nivel académico permite concluir que las estudiantes graduadas mostraron mayores niveles de beneficios en las destrezas de “revisión de literatura” al compararse con el grupo de estudiantes que se identifica como “otro” en la variable de género. De igual forma, en esta investigación se identificó una relación moderada entre el género y las destrezas de revisión de literatura en los estudiantes graduados, favoreciendo a las estudiantes que se identificaron como “mujer”.

Los resultados de los estudiantes bajo el grupo de ítems que conformó el factor de destrezas para el manejo de datos reflejaron que estas son las destrezas en las que los estudiantes obtienen menos beneficios, concretamente en la integración de conocimiento estadístico a la investigación, la selección del análisis estadístico y el uso de programas informáticos para realizar análisis estadístico. Es importante mencionar que, pese a que los estudiantes graduados reportaron niveles de beneficios mayores en las destrezas de manejo de datos, no podemos concluir que esta diferencia es estadísticamente significativa. De igual forma, tampoco podemos concluir que existen diferencias en los beneficios que los estudiantes expresaron en las destrezas para el manejo de datos según el género.

Desde el punto de vista teórico, como se presentó en el apartado de revisión de la situación de la educación en STEM, existe un desfase a nivel nacional en la formación de los estudiantes en la materia de matemáticas, por lo que debería hacerse un llamamiento para fortalecer la educación en esta área. Sin embargo, al no saber el nivel de conocimiento previo que los estudiantes poseían antes de participar de la experiencia de investigación se dificulta el poder establecer relaciones en esta dirección. No obstante, los resultados obtenidos revelan información de carácter formativo para que los directores de programas de investigación puedan reflexionar sobre las destrezas que deben reforzar en sus estudiantes. Investigaciones previas hacen alusión a la relación que existe entre los resultados académicos de los estudiantes que pertenecen a grupos étnicos y raciales minoritarios y la preparación académica recibida antes de entrar a la universidad, entre otras variables (Chang, Sharkness, Hurtado & Newman, 2014). En esta dirección, es recomendable incluir variables relacionadas con el perfil del estudiante, de manera que permitan identificar razones por las cuales las destrezas para el manejo de datos resultaron, a modo general, ser el factor con menos beneficios registrados.

Si bien los estudiantes indicaron haber logrado beneficiarse en el desarrollo de las destrezas relacionadas con la comunicación, se resalta que en la destreza de preparar un afiche científico un grupo de estudiantes expresaron niveles de beneficio entre moderado a nada. Los resultados de esta investigación permitieron concluir que en el grupo de estudiantes graduados existen diferencias significativas en cuanto a los beneficios que obtienen los participantes en las destrezas de comunicación. Las estudiantes graduadas que se identifican como mujeres, evidenciaron beneficios significativamente mayores en destrezas de comunicación tras participar de una experiencia de investigación, a diferencia de los estudiantes que se identifican como hombre.

Mientras que las investigaciones de Lopatto (2004, 2007) y Seymour et al. (2004) confirman que las experiencias de investigación promueven las destrezas de comunicación en los estudiantes, la presente investigación aporta evidencias según las cuales no sólo todos los participantes perciben un alto nivel de beneficio en sus destrezas de comunicación, sino que los estudiantes a nivel graduado, identificados como mujer, obtienen beneficios mayores y significativos a diferencia de los estudiantes de grado que se identificaron como hombres.

La capacidad de comunicar resultados se relaciona con el autodescubrimiento de las competencias que posee el estudiante (Bowen, 1977). Durante la fase cualitativa de esta investigación una de las profesoras entrevistadas afirmó: “poder comunicar mi ciencia implica poder transmitir mi conocimiento. Qué hago. Cómo lo hago”. En esta misma línea de pensamiento, podemos afirmar que el dominio de las destrezas de comunicación puede estar relacionada con el desarrollo de la autoconfianza para argumentar y explicar los resultados de investigaciones.

De igual forma, los resultados aquí presentados nos permiten concluir que los estudiantes que se identifican como mujer obtienen mayores beneficios respecto al desarrollo de su identidad científica, a diferencia de aquellos otros estudiantes que se identifican como hombres y otros. Se resalta la identificación de una relación moderada entre la variable género y la identidad científica, afirmando así que, en el grupo de estudiantes graduados, la identidad científica se correlaciona significativamente entre los participantes que se identifican como mujer.

El resultado antes presentado es de especial relevancia en el contexto de la temática principal de esta investigación dada la escasa representación de mujeres latinas en STEM. Así pues, esta investigación aporta evidencias, desde un contexto latino, que indica que las estudiantes graduadas que se identifican como mujeres presentan mayores beneficios en identidad científica,

variable que se ha relacionado de manera positiva con la persistencia en carreras de STEM (Estrada et al., 2011; Robnett et al., 2015).

Otra variable de interés fue el tiempo que los estudiantes llevaban realizando investigaciones, variable que se midió en semestres. Los resultados de esta investigación confirman que existen diferencias significativas en la variable tiempo realizando investigación entre los estudiantes de bachillerato y los graduados. Este resultado era previsible, ya que como requisito a realizar estudios graduados en STEM, los alumnos deben llevar a cabo investigaciones, incrementando así el tiempo que dedican a esta actividad.

Beneficios que indican los estudiantes y sus intereses académicos futuros

Contrario a los hallazgos de Adedokun et al. (2013), que aborda el tema sobre cómo la participación en programas de investigación promueve la retención de los estudiantes en STEM, este estudio no encontró una relación directa entre la participación en programas de investigación y las intenciones académicas y profesionales futuras de los estudiantes. No obstante, se identificó la existencia de una diferencia significativa en el tiempo medio que los estudiantes llevan realizando investigaciones y sus intenciones de planes futuros. De forma que podemos concluir que los estudiantes que tienen aspiraciones académicas o profesionales altas en STEM como lo realizar estudios doctorales, realizar estudios postdoctorales o trabajar en la industria o en laboratorios dedican, significativamente, más tiempo a realizar investigaciones. Este resultado es particularmente interesante, pues en las entrevistas realizadas a los profesores, la variable tiempo realizando una investigación no surgió como aspecto relevante al hablar sobre los factores que promueven el éxito en los estudiantes.

En su investigación, Robnett et al. (2015) encontraron que participar de una experiencia de investigación puede ayudar a que un estudiante se identifique como científico incluso dos años después de la experiencia. De igual forma, para Aschbacher et al. (2010) y Hunter et al., (2006) existe una relación entre el tiempo realizando investigaciones y el identificarse como un científico. A la luz de estos planteamientos, podemos decir que, pese a que la variable identidad científica no resultó significativa al comparar las intenciones de planes académicos y profesionales futuros de los participantes de este estudio, la variable tiempo podría influenciar el desarrollo de esta identificación y, por ello, fomentar en los estudiantes el deseo de continuar en carreras en STEM. Dicho de otro modo, dedicar más tiempo durante los estudios a realizar investigaciones puede influir en los intereses académicos y profesionales en STEM, lo que a su vez se puede traducir en un aumento de la persistencia y retención de los estudiantes en estos campos.

Limitaciones de la investigación y recomendaciones para futuros estudios

La presente investigación pretendía recabar evidencias desde un acercamiento metodológico mixto que aportara al saber de la educación en STEM, concretamente conocer los factores que promueven el éxito académico de estudiantes que participan de experiencias de investigación. Cabe destacar la escasa publicación de estudios que incorporan esta metodología como consecuencia del alto consumo de tiempo que requiere su realización, por ello, esta investigación, de complejidad en su diseño, contribuye al tema bajo resultados avalados por diferentes fuentes de información (profesores, investigadores y directores de programas, así como estudiantes subgraduados y graduados). Sin embargo, es necesario identificar las limitaciones del presente estudio a fin de poder determinar su alcance.

Una de las principales limitaciones respecto a la potencia del estudio hace referencia al tamaño muestral. Si bien es cierto que, durante la fase cualitativa del estudio, el enfoque se hizo en la calidad de la información que se podía obtener más que en la cantidad de los participantes, que todos los profesores entrevistados pertenezcan a la misma institución académica podría suponer una limitación al estudio, si presumimos que pudieran existir realidades comunes asociadas a la cultura institucional. A fin de reducir el efecto que pudiera haber por el hecho de que todos los profesores provengan de la misma institución académica, la investigadora de esta tesis doctoral trató de incorporar un grupo diverso en cuanto al perfil académico y profesional. No obstante, se recomienda que investigaciones futuras incluyan profesores que dirijan programas en instituciones de educación superior privadas podría enriquecer los resultados, aportando visiones y experiencias que quizás en instituciones públicas no surgirían.

Como producto de la fase cualitativa de esta investigación se creó un instrumento con el que poder evaluar los beneficios que obtienen estudiantes graduados y subgraduados al participar de experiencias de investigación. Si bien la aportación de evidencias relacionadas con la validez del constructo mediante diversas técnicas de análisis psicométrico, en una muestra de estudiantes pocos representados, es una de las principales aportaciones de esta investigación, cabe reconocer que los constructos subyacentes al instrumento responden a la literatura y a las perspectivas de los profesores entrevistados. Esto podría presentar una visión sesgada de los beneficios que identifican los estudiantes que participan de experiencias de investigación. En esta dirección, recomendamos que en investigaciones futuras se integren las visiones propias de los estudiantes mediante entrevistas o grupos focales, a fin de comparar la información provista por los docentes con la perspectiva del alumnado.

El tamaño muestral de la fase cuantitativa también supuso otra limitación para este estudio en varios aspectos. Pese a que cumplimos con el mínimo recomendado para integrar técnicas de modelo de ecuaciones estructurales, algunos parámetros de estimaciones de ajuste del modelo mostraron pobre ajuste. Entendemos que incrementar el tamaño muestral podría contribuir a reducir el error en la estimación de parámetros. También reconocemos que, al trabajar con una muestra pequeña, se reduce la probabilidad de que algunas características del modelo se puedan replicar en nuevas muestras (Abad, et al, 2011). De igual forma, al contar con una muestra pequeña de estudiantes graduados no pudimos analizar la invariancia de la estructura factorial en este subgrupo. Así pues, para investigaciones futuras recomendamos incrementar el tamaño muestral, a fin de replicar el modelo factorial identificado en esta investigación y proveer nuevas evidencias de validez haciendo uso de estimadores robustos. Asimismo, recomendamos aumentar la representación de estudiantes graduados con el objetivo de realizar análisis confirmatorios multigrupo para comparar la invarianza de la estructura factorial por nivel académico. Poder realizar meta-análisis psicométricos mediante técnicas que permitan estimar la media y variabilidad de los parámetros estimados permitiría evaluar la consistencia de los resultados y la generalización de las puntuaciones que se obtienen bajo nuevas condiciones muestrales (Abad, et al, 2011).

Conjuntamente, resaltamos como otra limitación de la investigación asociadas con el tamaño de la muestra la alta representatividad de estudiantes de los campos de biología y química, aproximadamente el 63% de la muestra indicó cursar un grado en estas áreas. Así pues, se identifica como una limitación la infrarrepresentación de estudiantes en campos de STEM como lo son las matemáticas, física, ciencias de computo e ingeniería, entre otras. Este resultado puede estar alienado con tendencias identificadas en estudios previos como los de Webb (2007) y Russell

et al, (2007) donde analizaron datos de la NSF y concluyen que, por lo general, la muestra total que compone los estudios relacionados con los beneficios que obtienen los estudiantes que participan de programa de investigación tienen una representación en torno al de 70% de estudiantes que cursan grados en ciencias biológicas y química. Entendemos que esta limitación puede estar relacionada con la definición de experiencia de investigación que se utiliza en esta investigación, pues se limita a trabajos en laboratorios que quizás no son tan frecuentes en campos como las matemáticas. Sin embargo, entendemos que las nuevas áreas de investigación como *Big Data* proveen un espacio para la integración de estos campos académicos al escenario de un laboratorio. Consideramos importante que las investigaciones visibilicen todas las materias que integra STEM, por lo que recomendamos que en estudios prospectivos se aumenten la representación de estudiantes de carreras menos representadas en esta investigación.

Desde el punto de vista psicométrico, otra limitación encontrada se relacionó con el nivel de medida de las destrezas de los estudiantes. En esta dirección identificamos que, en la mayoría de los ítems las respuestas de los estudiantes se agruparon principalmente en dos categorías de respuesta, grandes y buenos beneficios. Lo antes mencionado supone un reto en la investigación pues podría dar paso al sesgo de medida, dificultando así la capacidad de discriminar entre aquellos estudiantes que seleccionan niveles bajos en la escala.

En lineamiento con el instrumento que se desarrolló, reconocemos la importancia de evaluar los productos que los estudiantes generan como resultado directo de participar de experiencias de investigación. En esta dirección, y teniendo presente que el ítem “*Escribir un artículo científico para publicación*” se eliminó de la versión final del instrumento, recomendamos añadir una premisa que pregunte directamente si el estudiante realizó alguna publicación como resultado de la experiencia de investigación. De obtenerse una respuesta afirmativa solicitar que

el estudiante provea el título y revista donde aparece publicado el artículo. Esta estrategia permitiría evaluar de forma directa la productividad científica de los estudiantes.

También reconocemos la limitación que presupuso el tamaño de la muestra en el alcance de las inferencias estadísticas que pudimos realizar. La investigadora deseaba conocer la contribución de las ganancias en cada destreza evaluada, así como en las intenciones académicas y profesionales de los estudiantes. Sin embargo, al analizar la variable dependiente de intenciones académicas y profesionales encontramos frecuencias bajas en algunas categorías de respuestas, lo que limitó poder aplicar estadísticos multivariados como el modelo de regresión logística.

Es importante resaltar que esta investigación no provee evidencias concernientes a las relaciones causales entre las variables. En esta dirección recomendamos realizar estudios con diseños que permitan establecer medidas de línea base a fin de conocer si existen cambios longitudinales. Administrar el cuestionario una vez el estudiante sea admitido al programa, podría ser una estrategia para recopilar información de línea base.

Los resultados de este estudio indican que el tiempo realizando investigaciones se relaciona con las intenciones académicas y profesionales futuras de los estudiantes. En esta dirección nos cuestionamos el rol que tiene el componente de mentoría en el desarrollo de las destrezas de investigación, identidad científica y planes futuros que tengan los estudiantes. El análisis de la relación que un estudiante desarrolla con su mentor no se contempló en esta investigación, así pues, recomendamos que en futuros estudios se integre este componente.

Finalmente, la presente investigación se limitó a recopilar información auto-reportada por los estudiantes. Entendemos que los resultados se podrían nutrir incorporando diversas fuentes de información como, por ejemplo, evaluación de sus mentores de investigación o evaluación por pares. De igual forma, entendemos que los beneficios de los programas de investigación

transcenden el nivel del estudiante, por lo que consideramos importante desarrollar estudios que permitan valorar los beneficios a nivel de facultad e institución.

Referencias bibliográficas

- Abad, F., Olea, J., Ponsoda, V., & García, C. (2011). *Medición en ciencias sociales y de la salud*. Síntesis.
- Adedokun, O. A., Bessenbacher, A. B., Parker, L. C., Kirkham, L. L., & Burgess, W. D. (2013). Research skills and STEM undergraduate research students' aspirations for research careers: Mediating effects of research self-efficacy. *Journal of Research in Science Teaching*, 50(8), 940-951. <https://doi.org/10.1002/tea.21102>
- Alston, J.M., Beddow, J.M. & Pardey, P.G. (2009). *Agricultural Research, Productivity, and Food Prices in the Long Run*. *Science*, 325(5945), 1209-1210. [Doi: 10.1126/science.1170451](https://doi.org/10.1126/science.1170451)
- Altman, J. D., Chiang, T.-M., Hamann, C. S., Makhluf, H., Peterson, V., & Orel, S. E. (2019). Undergraduate Research: A Road Map for Meeting Future National Needs and Competing in a World of Change. *Council on Undergraduate Research*, 1, 1-9. <https://cutt.ly/hT0qxOE>
- American Educational Research Association, American Psychological Association, & National Council on Measurement in Education. (2018). *Estándares para pruebas educativas y psicológicas*. American Educational Research Association.
- American Psychological Association (APA). (2010). *Ethical principles of psychologists and code of conduct*. <https://cutt.ly/eT0qnzB>
- Ananiadou, K., & Claro, M. (2009). 21st century skills and competences for new millennium learners in OECD countries. *OECD Education Working Papers*, 41, 1-33. <https://doi.org/10.1787/19939019>

- Aschbacher, P. R., Li, E., & Roth, E. J. (2010). Is science me? High school students' identities, participation, and aspirations in science, engineering, and medicine. *Journal of Research in Science Teaching*, 47, 564-582. doi: [10.1002/tea.20353](https://doi.org/10.1002/tea.20353).
- Auchincloss, L.C., Laursen, S.L., Branchaw, J.L., Eagan, K., Graham, M., Hanauer, D.I., Lawrie, G., McLinn, C.M., Pelaez, N., Rowland, S., Towns, M., Trautmann, N.M., Varma- Nelson, P., Weston, T.J., & Dolan, E.L. (2014). Assessment of course-based undergrad-uate research experiences: A meeting report. *CBE–Life Sciences Education*, 13(1), 29-40.
- Battelle for Kids. (2019). Framework for 21st century learning. *Partnership For 21st Century Learning*. <https://cutt.ly/kT00vnB>
- Batista-Foguet, J. M., & Coenders-Gallart, G. (2012). *Modelos de Ecuaciones Estructurales* (2a ed.). La Muralla.
- Barlow, A.E., & Villarejo, M. (2004). Making a difference for minorities: Evaluation of an educational enrichment program. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(9), 861-881.
- Bauer, K.W., & Bennett, J.S. (2003). Alumni perceptions used to assess undergraduate research experience. *The Journal of Higher Education*, 74(2), 210-230.
- Baumol WJ. (1989). *Is There a U.S. Productivity Crisis?* *Science*, 243(4891), 611-615. [10.1126/science.243.4891.611](https://doi.org/10.1126/science.243.4891.611)
- Bell, A., Chetty, R., Jaravel, X., Petkova, N., & Van Reenen, J. (2019). Who Becomes an Inventor in America? The Importance of Exposure to Innovation. *The Quarterly Journal of Economics*, 134(2), 647-713. <https://doi.org/10.1093/qje/qjy028>

- Bogdan Toma, R., & García-Carmona, A. (2021). «De STEM nos gusta todo menos STEM». Análisis crítico de una tendencia educativa de moda. *Enseñanza de Las Ciencias*, 39(1), 65–80. Retrieved from <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3093>.
- Bollen, K. A. (1989). *Structural equations with latent variables*. Wiley.
- Boyer Commission on Education of Undergraduates in the Research University. (1998). *Re-inventing Undergraduate Education: A Blueprint for America's Research Universities*. <https://cutt.ly/iT0qXW5>
- Brenner, P. S., Serpe, R. T., & Stryker, S. (2018). Role-specific Self-efficacy as Precedent and Product of the Identity Model. *Social Perspectives*, 61(1), 57-80. <https://doi.org/10.1177/0731121417697306>.
- Bowen, H.R. (1977). *Investment in learning: The individual and social value of American higher education*. Jossey-Bass, Inc.
- Brownell, S.E., & Kloser, M.J. (2015). Toward a conceptual framework for measuring the effectiveness of course-based undergraduate research experiences in undergraduate biology. *Studies in Higher Education*, 40(3), 525-544.
- Byrne, B. M. (2010). *Structural equation modeling with AMOS: Basic concepts, applications, and programming* (2a ed.). Routledge/Taylor & Francis Group.
- Carter, F.D., Mandell, M., & Maton, K.I. (2009). The influence of on-campus, academic year undergraduate research on STEM Ph.D. outcomes: Evidence from the Meyerhoff Scholarship Program. *Educational Evaluation and Policy Analysis*, 31(4), 441-462.
- Carter, D.F., Ro, H.K., Alcott, B., & Lattuca, L. (2016). Curricular connections: The role of undergraduate research experiences in promoting engineering students' communication, teamwork, and leadership skills. *Research in Higher Education*, 57(3), 363-393.

- Cartrette, D.P., & Melro-Lehrman, B.M. (2012). Describing changes in undergraduate students' preconceptions of research activities. *Research in Science Education*, 42, 1073-1100.
- Casner-Lotto, J., & Barrington, L. (2006). *Are They Really Ready to Work? Employers' perspectives on the basic knowledge and applied skills of new entrants to the 21st century U.S. workforce*. <https://cutt.ly/eT0qMvA>
- CEDEFOP/OECD. (2021). *The Next Steps for Apprenticeship*. Cedefop Reference Series.
- Chang, M. J., Sharkness, J., Hurtado, S., & Newman, C. B. (2014). What matters in college for retaining aspiring scientists and engineers from underrepresented racial groups. *Journal of Research in Science Teaching*, 51(5), 555-580. <https://doi.org/10.1002/tea.21146>
- Chemers, M.M., Zurbriggen, E.L., Syed, M., Goza, B.K., & Bearman, S. (2011). The role of efficacy and identity in science career commitment among underrepresented minority students. *Journal of Social Issues*, 67(3), 469-491. [10.1111/j.1540-4560.2011.01710.x](https://doi.org/10.1111/j.1540-4560.2011.01710.x)
- Christe, B. (2013). The Importance of Faculty-Student Connections in STEM Disciplines: A Literature Review. *Journal of STEM Education: Innovations and Research*, 14(3), 22-26. <https://eric.ed.gov/?id=EJ1017074>
- Chu, S. K. W., Reynolds, R. B., Tavares, N. J., Notari, M., & Lee, C. W. Y. (2016). *21st century skills development through inquiry-based learning*. Springer.
- Clement, N. (2009). Perspectives from research and practice in values education. En T. Lovat and R. Toomey (Eds.), *Values Education and Quality Teaching* (13-25). Springer.
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe. (2020). *Aporte de la ciencia, tecnología e innovación es clave para enfrentar los desafíos en la industria de la salud y la recuperación económica tras la pandemia*. <https://cutt.ly/wT0wQVk>

- Comisión Europea (2016). Comunicación de la comisión al parlamento europeo, al consejo, al comité económico y social europeo y al comité de las regiones. Una nueva agenda de capacidades para Europa. Trabajar juntos para reforzar el capital humano, la empleabilidad y la competitividad. <https://cutt.ly/kT94T7P>
- Coryn, C. L. S., Noakes, L. A., Westine, C. D., & Schröter, D. C. (2011). A Systematic Review of Theory-Driven Evaluation Practice From 1990 to 2009. *American Journal of Evaluation*, 32(2), 199-226. <https://doi.org/10.1177/1098214010389321>
- Craney, C., McKay, T., Mazzeo, A., Morris, J., Prigodich, C., and de Groot, R. (2011). Cross-discipline perceptions of the undergraduate research experience. *The Journal of Higher Education*, 82(1), 92-113.
- Creswell, J. W. (2009). *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches* (3a ed.). SAGE Publications, Inc.
- Creswell, J. W., & Plano Clark, V. L. (2018). *Designing and conducting mixed methods research* (3a ed.). SAGE Publications.
- Cutler, D.M., McClellan, M. (2001) *Is Technological Change in Medicine Worth It? Health Affairs*, 20(5),11-29.
- Dai, Q., E. Shin and C. Smith (2018). Open and inclusive collaboration in science: A framework, *OECD Science, Technology and Industry Working Papers*, 2018/07. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/2dbff737-en>.
- Dolan, E., & Johnson, D. (2010). The undergraduate-postgraduate-faculty triad: Unique functions and tensions associated with undergraduate research at research universities. *CBE—Life Sciences Education*, 9, 543-553.

- Domènech-Casal, J., Lope, S., & Mora, L. (2019). Qué proyectos STEM diseña y qué dificultades expresa el profesorado de secundaria sobre Aprendizaje Basado en Proyectos. *Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación de Las Ciencias*, 16(2), 2203. <https://doi.org/10.25267/Rev.>
- Eagan, M.K., Hurtado, S., Chang, M.J., Garcia, G.A., Herrera, F.A., and Garibay, J.C. (2013). Making a difference in science education: The impact of undergraduate research programs. *American Educational Research Journal*, 50(4), 683-713. [10.3102/0002831213482038](https://doi.org/10.3102/0002831213482038).
- Estrada, M. B., Francisco, S., Woodcock, A., Marcos, S., Hernandez, P., Schultz, P. W., & Marcos, S. (2011). Toward a Model of Social Influence That Explains Minority Student Integration into the Scientific Community. *Journal of Educational Psychology*, 0022-0663/11. <https://doi.org/10.1037/a0020743>
- Finley, A. (2020). *How College Contributes to Workforce Success. Employer Views on What Matters Most*. Hannover Research.
- Fouladi, R.T. (1998). Covariance Structure Analysis Techniques under Conditions of Multivariate Normality and Nonnormality - Modified and Bootstrap Based Test Statistics. Presented at the Annual Meeting of the American Educational Research Association, 13-17. <https://cutt.ly/zT0ehBP>
- Gonzalez-Espada, W.J., & LaDue, D.S. (2006). Evaluation of the impact of the NWC REU program compared with other undergraduate research experiences. *Journal of Geoscience Education*, 54(5), 541-549.
- Gordon, R. J. (2012). *Is U.S. Economic Growth Over? Faltering Innovation Confronts the Six Headwinds*. National Bureau of Economic Research.

- Granovskiy, B. (2018). Mathematics (STEM) Education: An Overview. *Congressional Research Service*. <https://cutt.ly/FT0egGT>
- Griffin, Patrick & McGaw, Barry & Care, Esther. (2012). *Assessment and Teaching of 21st Century Skills*. <https://cutt.ly/tT0qeoU>
- Hanauer, D. I., Graham, M. J., & Hatfull, G. F. (2016). A Measure of College Student Persistence in the Sciences (PITS). *CBE life sciences education*, 15(4), ar54. <https://doi.org/10.1187/cbe.15-09-0185>
- Haring, M. J. (1999). The Case for a Conceptual Base for Minority Mentoring Programs. *Peabody Journal of Education*, 74(2), 5-14. <http://www.jstor.org/stable/1493072>
- Hausmann, L.R., Schofield, J.W., & Woods, R.L. (2007). Sense of belonging as a predictor of intentions to persist among African American and White first-year college students. *Research in Higher Education*, 48(7), 803-839.
- Hernandez, P. R., Bodin, R., Elliott, J. W., Ibrahim B., Rambo-Hernandez, K. E., Chen T. W., & Miranda M. A. (2014). Connecting the STEM dots: measuring the effect of an integrated engineering design intervention. *International Journal Technology Design Education*, 24, 107-120.
- Hernández, R., Fernández, C. & Baptista, P. (2010). *Metodología de la investigación* (5a ed.). Mc Graw-Hill.
- Horn, J. L. (1965). A rationale and technique for estimating the number of factors in factor analysis. *Psychometrika*, 30, 179-185.

- Hunter, A.B., Laursen, S.L., & Seymour, E. (2007). Becoming a scientist: The role of undergraduate research in cognitive, personal, and professional development. *Science Education*, 91(1), 36-74.
- Hurtado, S., Milem, J.F., Clayton-Pedersen, A.R., & Allen, W.R. (1998). Enhancing campus climates for racial/ethnic diversity: Educational policy and practice. *The Review of Higher Education*, 21, 279-302.
- Hussar, W. J. & Bailey, T.M. (2019). *Projections of Education Statistics to 2027*. NCES 2019-001. Washington, DC: National Center for Education Statistics, U.S. Department of Education. <https://nces.ed.gov/pubs2019/2019001.pdf>.
- John, J., & Creighton, J. (2012). 'In practice, it doesn't always work out like that.' Undergraduate experiences in a research community of practices. *Journal of Further and Higher Education*, 37(6), 1-19.
- Johri, A., & Olds, B.M. (2011). Situated engineering learning: Bridging engineering education research and the learning sciences. *Journal of Engineering Education*, 100(1), 151-185.
- Jones, M., Amy, T., Barlow, E., & Villarejo, M. (2010). Importance of undergraduate research for minority persistence and achievement in biology. *Journal of Higher Education*, 81, 82-115.
- Jun, A., & Tierney, W. G. (1999). At-risk urban students and college success: A framework for effective preparation. <https://cutt.ly/7T0ev0F>
- Junge, B., Quiñones, C., Kakietek, J., Teodorescu, D., & Marsteller, P. (2010). Promoting undergraduate interest, preparedness, and professional pursuit in the sciences: An outcomes evaluation of the SURE program at Emory University. *CBE—Life Sciences Education*, 9(2), 119-132.

- Kardash, C.M. (2000). Evaluation of an undergraduate research experience: Perceptions of undergraduate interns and their faculty mentors. *Journal of Educational Psychology*, 92(1), 191-201
- Kinthead, J. (2012). What's in a name? A brief history of undergraduate research. *CUR on the Web*, 33(1). <https://cutt.ly/OT0eQ02>
- Kline, R.B. (2010). *Principles and Practice of Structural Equation Modeling*. The Guilford Press.
- Kuh, G. D. (2008). Excerpt from High-Impact Educational Practices: What They Are, Who Has Access to Them, and Why They Matter. <https://www.aacu.org/leap/hips>.
- Laursen, S. L. (2015). Assessing Undergraduate Research in the Science: The Next Generation. *Quarterly Council on Undergraduate Research*, 35(3), 9-14.
- Laursen S.L., Hunter A.B., Seymour E., Thiry H., & Melton G. (2010). *Undergraduate Research in the Sciences: Engaging Students in Real Science*. Jossey-Bass.
- Lent, R. W., Singley, D., Sheu, H.-B., Schmidt, J. A., & Schmidt, L. C. (2007). Relation of Social-Cognitive Factors to Academic Satisfaction in Engineering Students. *Journal of Career Assessment*, 15(1), 87–97. <https://doi.org/10.1177/1069072706294518>
- Litzinger, T.A., Lattuca, L.R., Hadgraft, R.G., and Newstetter, W.C. (2011). Engineering education and the development of expertise. *Journal of Engineering Education*, 100(1), 123-150.
- Lopatto, D. (2007). Undergraduate Research Experiences Support Science. *CBE Life Sciences Education*, 6, 297-306. <https://doi.org/10.1187/cbe.07>
- Lopatto, D. (2010). *Science in Solution: The Impact of Undergraduate Research*. Research Corporation for Science Advancement.

- López Simó, V., Couso Lagarón, D., & Simarro Rodríguez, C. (2020). Educación STEM en y para el mundo digital. *Revista de Educación a Distancia (RED)*, 20(62).
<https://doi.org/10.6018/red.410011>.
- Lucca, I. & Berríos, R. (2009). *La investigación cualitativa: fundamentos, diseños y estrategias*. Ediciones S.M.
- Martin, M. O., Kelly, D. L., & Fishbein, B. (2019). *TIMSS 2019 International Results in Mathematics and Science*. <https://cutt.ly/IT0eJYv>
- Martínez, R., Hernández, J., & Hernández, V. (2006). *Psicometría*. Alianza.
- McGee, R., & Keller, J.L. (2007). Identifying future scientist: Predicting persistence into research training. *CBE—Life Sciences Education*, 6, 316-331.
- Mervis J. (2006). Biomedical training programs: NIH told to get serious about giving minorities a hand. *Science*, 311(5759),328-329. doi: [10.1126/science.311.5759.328](https://doi.org/10.1126/science.311.5759.328)
- Mobley, M. C. (2015). Development of the SETIS instrument to measure teachers' self-efficacy to teach science in an integrated STEM framework. [Doctoral Dissertation].
- Mullis, I. V. S., Martin, M. O., Foy, P., Kelly, D. L., & Fishbein, B. (2020). *TIMSS 2019 International Results in Mathematics and Science*. Retrieved from Boston College, TIMSS & PIRLS International Study Center. <https://timssandpirls.bc.edu/timss2019/international-results/>
- Nagda, B.A., Gregerman, S.R., Jonides, J., von Hippel, W., & Lerner, J.S. (1998). Undergraduate student-faculty research partnerships affect student retention. *The Review of Higher Education*, 21(1), 55-72.

National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine (2019). *Minority Serving Institutions: America's Underutilized Resource for Strengthening the STEM Workforce*.

The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/25257>

National Center for Science and Engineering Statistics (NCSES), National Science Foundation.

2019. National Survey of College Graduates (NSCG), 2017.

<https://ncesdata.nsf.gov/datadownload/>.

National Institute of Health. (2020). *2021 NIH Wide Strategic Plan for COVID-19 Research*.

<https://covid19.nih.gov/nih-strategic-response-covid-19>

National Research Council. (1999). *How People Learn: Bridging Research and Practice*. M.

Donovan, J. Bransford, and J. Pellegrino (Eds.). Committee on Learning Research and

Educational Practice. Board on Behavioral, Cognitive, and Sensory Sciences, Division of

Behavioral and Social Sciences and Education. National Academy Press.

National Research Council. (2015). *Reaching Students: What Research Says about Effective*

Instruction in Undergraduate Science and Engineering. N. Kober. Board on Science

Education, Division of Behavioral and Social Sciences and Education. The National

Academies Press.

National Science Board, National Science Foundation. (2019). Higher Education in Science and

Engineering. *Science and Engineering Indicators 2020*. NSB-2019-7.

<https://nces.nsf.gov/pubs/nsb20197/>

National Science Board, National Science Foundation. (2020). *Science and Engineering*

Indicators 2020: The State of U.S. Science and Engineering. NSB-2020-1.

<https://nces.nsf.gov/pubs/nsb20201/>.

National Science Foundation. (1996). Shaping the Future: New Expectations for Undergraduate Education in Science, Mathematics, Engineering, and Technology (NSF 96-139).

National Science Foundation. <https://cutt.ly/1T0e7Kv>

National Science & Technology Council. (2018). *Charting a course for success: America's strategy for stem education*. <https://cutt.ly/kT0rqfp>

Nevitt, J., & Hancock, G. R. (1998). *Parameter Standard Error Estimation in Structural Equation Modeling*.

Nicholson Jessica R. (2020). New Digital Economy Estimates. *Bureau of Economic Analysis*, 1-32. <https://cutt.ly/RT0rrFL>

Noonan, R. (2017). STEM Jobs: 2017 Update. In *Office of the Chief Economist, Economics and Statistics Administration*. U.S. Department of Commerce website.
<https://cutt.ly/QT0ruxa>

Organization for Economic Co-operation and Development (OECD). (2021). *OECD Main Science and Technology Indicators Highlights on R&D expenditure, March 2021 release Before the COVID-19 crisis, OECD countries stepped up R&D investments*.
<https://cutt.ly/4T0roxu>

Organization for Economic Co-operation and Development (OECD). (2017). *OECD Science, Technology and Industry Scoreboard 2017: The digital transformation*.
<https://doi.org/10.1787/d7cbbd1b-zh>.

Organization for Economic Co-operation and Development (OECD). (2019). Education and Training Indicators, 2019. <https://stats.oecd.org/>

Organization for Economic Co-operation and Development (OECD). 2019. *Main Science and Technology Indicators (MSTI) 2019/1*. <https://cutt.ly/GT0rgE1>

- Pacific, L.B., & Thompson, N. (2011). Undergraduate science research: A comparison of influences and experiences between premed and non-premed students. *CBE—Life Sciences Education*, 10, 199-208.
- Pardo A., Ruíz, M., & San Martín, R. (2009). *Análisis de datos en ciencias sociales y de la salud I. Síntesis*.
- Pardo A., & San Martín, R. (2015). *Análisis de datos en ciencias sociales y de la salud II. Síntesis*.
- PCAST (President's Council of Advisors on Science and Technology). (2012). Report to the President. Engage to Excel: Producing One Million Additional College Graduates with Degrees in Science, Technology, Engineering, and Mathematics. Executive Office of the President. <https://cutt.ly/1T0rkf5>
- Robnett, R. D., Chemers, M. M., & Zurbriggen, E. L. (2015). *Longitudinal Associations Among Undergraduates' Research Experience, Self-Efficacy, and Identity*. 52(6), 847-867. <https://doi.org/10.1002/tea.21221>.
- Ryder, J., Leach, J., & Driver, R. (1999). Undergraduate science students' images of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 36(2), 201-219.
- Russell, S.H., Hancock, M.P., & McCullough, J. (2007). Benefits of undergraduate research experiences. *Science*, 316, 548-549.
- Sabitini, D.A. (1997). Teaching and research synergism: The undergraduate research experience. *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice*, 123(3), 98-102.
- Sanders, M. (2009). STEM, STEMEducation, STEMmania. *The Technology Teacher*, 20-27. <https://cutt.ly/3T0rmO4>

- Schultz, P.W., Hernandez, P.R., Woodcock, A., Estrada, M., Chance, R.C., Aguilar, M., and Serpe, R.T. (2011). Patching the pipeline: Reducing educational disparities in the sciences through minority training programs. *Educational Evaluation and Policy Analysis*, 33(1), 95-114.
- Sen, Ceylan; Sonay Ay, Zeynep & Ahmet Kiray, S. (2018). *STEM Skills in the 21st Century Education*. <https://cutt.ly/jT0rEoc>
- Seymour, E., Hunter, A.B., Laursen, S.L., & DeAntoni, T. (2004). Establishing the benefits of research experiences for undergraduates in the sciences: First findings from a three-year study. *Science Education*, 88, 493-534.
- Smith, A. D. (1990). Towards a Global Culture? *Theory, Culture & Society*, 7(2-3), 171-191. <https://doi.org/10.1177/026327690007002011>
- Teddlie, C. & Yu, F. (2007) Mixed Methods Sampling: A Typology with Examples. *Journal of Mixed Methods Research*, 1, 77-100. <https://doi.org/10.1177/2345678906292430>
- The Council of the European Union (2018). Council Recommendation of 22 May 2018 on Key Competences for Lifelong Learning. <https://cutt.ly/ST94BVq>
- The National Academies Press. (2017). *Undergraduate Research Experiences for STEM Students: Successes, Challenges, and Opportunities*. <https://doi.org/10.17226/24622>
- The World Bank, World Development Indicators. 2018. High-technology exports (current US\$). <https://cutt.ly/GT0rUdB>
- Thiry, H., & Laursen, S.L. (2011). The role of student-advisor interactions in apprenticing undergraduate researchers into a scientific community of practice. *Journal of Science Education and Technology*, 20(6), 771-784.
- Thiry, H., Laursen, S.L., & Hunter, A.B. (2011). What experiences help students become scientists? A comparative study of research and other sources of personal and

- professional gains for STEM undergraduates. *Journal of Higher Education*, 82(4), 358-389.
- Thompson, J.J., Conaway, E., & Dolan, E.L. (2016). Undergraduate students' development of social, cultural, and human capital in a networked research experience. *Cultural Studies of Science Education*, 11(4), 959-990.
- United Nations. (2019). Digital Economy Report 2019. In *Juvenile and Family Court Journal*. <https://doi.org/10.1111/j.1755-6988.1986.tb00583.x>.
- United State Census Bureau. (2021). *2020 Census Results*.
- United State Census Bureau. (2018). American Community Survey (ACS) Public Use Microdata Sample, 2017. <https://cutt.ly/gT0rP8N>
- Unesco. (2015). Educación 2030. Declaración de Incheon y Marco de Acción para la realización del Objetivo de Desarrollo Sostenible 4. *UNESCO*, 1-84. <https://cutt.ly/eT0rKqp>
- U.S. Immigration and Customs Enforcement. (2020). *Student and Exchange Visitor Program (SEVP) 2020 SEVIS by the Numbers Report*. <https://cutt.ly/6T0rLFh>
- USPTO (U.S. Patent and Trademark Office) (2018). "U.S. Patent and Statistics Chart: Calendar Years 1963-2015." Patent Technology Monitoring Team. <https://cutt.ly/WT0rXVA>
- Villarejo, M., & Barlow, A.E. (2007). Evolution and evaluation of a biology enrichment program for minorities. *Journal of Women and Minorities in Science and Engineering*, 13(2), 119-144.
- Villarejo, M., Barlow, A. E. L., Kogan, D., Veazey, B. D., & Sweeney, J. K. (2008). Encouraging Minority Undergraduates to Choose Science Careers: Career Paths Survey

- Results. *CBE Life Sciences Education*, 7, 394-409. <https://doi.org/10.1187/cbe.08-04-0018>
- Washington, G. January 8, 1790: *First Annual Message to Congress*.
<https://cutt.ly/eT0rNmN>
- Webb, S. (2007). The importance of undergraduate research.
<https://doi.org/10.1126/science.caredit.a070009>
- Weston, T. J., & Laursen, S. L. (2015). The Undergraduate Research Student Self-Assessment (URSSA): Validation for Use in Program Evaluation. *Cell Biology Education-Life Science Education*, 14(3), 1-10. <https://doi.org/10.1187/cbe.14-11-0206>.
- White House. (2021). Fact Sheet: The American Jobs Plan. *White House*, 1-27.
<https://cutt.ly/HT0r0JH>
- Wolcott, H. F. (1994). *Transforming qualitative data: description, analysis and interpretation*. Sage.
- Woodcock, A., Graziano, W.G., Branch, S.E., Ngambeki, I., & Evangelou, D. (2012). Engineering students' beliefs about research: Sex differences, personality, and career plans. *Journal of Engineering Education*, 101(3), 495-511.
- World Economic Forum. (2019). *Our Shared Digital Future: Responsible Digital Transformation Board Briefing*, 19. <https://cutt.ly/TT0r4pg>
- Zilberman, A., & Ice, L. (2021). Why computer occupations are behind strong STEM employment growth in the 2019–29 decade: Beyond the Numbers: U.S. Bureau of Labor Statistics. *U.S. Bureau of Labor Statistics*, 10(1), 1-9. <https://cutt.ly/uT0r5yA>
- Zupanc, G.K. (2012). Undergraduate research and inquiry-based learning: The revitalization of the Humboldtian ideals. *Bioscience Education*, 19(1), 1-11.

Zydney, A.L., Bennett, J.S., Shahid, A., & Bauer, K. (2002). Faculty perspectives regarding the undergraduate research experience in science and engineering. *Journal of Engineering Education*, 91(3), 291-297.

ANEXO 1

HOJA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO

HOJA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO

Factores que determinan el éxito académico de los estudiantes en las áreas de ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas (STEM)

Descripción

Usted está invitado a participar de un estudio cuyo título está en la parte superior de este documento. El mismo está dirigido por la investigadora Edjean M. Calderón Cruz, estudiante del programa doctoral de la Facultad de Educación de la Universidad Complutense de Madrid. Antes, de que decida participar en la investigación por favor, lea este documento cuidadosamente.

El propósito de la entrevista es conocer, a partir de su experiencia como investigador y personal directivo de programas de entrenamiento en investigación de estudiantes en ciencias, aquellos factores que, según su percepción facilitan la entrada de los estudiantes a escuela graduada. La identificación de estos factores servirá para establecer las bases conceptuales en la toma decisional que estudiantes puertorriqueños que participan de programas de entrenamiento en investigación tienen respecto a continuar estudios graduados en ciencia biomédicas.

Procedimiento

Usted ha sido seleccionado para formar parte de las personas a ser entrevistadas, pues reúne los criterios de ser docente investigador y personal directivo de un programa de entrenamiento en investigación de estudiantes.

La investigación consistirá en recopilar información mediante una entrevista individual (i.e., investigadora y participante) cuyo tiempo aproximado de duración es de 60 minutos, aunque es importante señalar que puede ser más tiempo. Las preguntas que se le realizarán serán abiertas, por lo que usted puede responder abiertamente a lo que se le pregunte. La entrevista podrá ser grabada en audio si usted así lo autoriza. Esta grabación tiene como objetivo permitir a la investigadora transcribir la información que usted brinde. Usted tendrá el derecho de examinar la información transcrita, así como, certificar que está de acuerdo con lo que se obtuvo de su entrevista. De usted aceptar, será uno de los cinco docentes investigadores que participen de forma voluntaria en esta investigación.

Riesgos y beneficios

El riesgo al que usted estará expuesto será mínimo ya que contestará preguntas acerca de su experiencia. De usted sentir alguna incomodidad al realizarse una pregunta particular, tiene derecho a no contestarla sin penalidad alguna. Además, tiene el derecho de declinar su participación en el momento en que así lo considere pertinentes.

No habrá estipendios (remuneración), ni beneficios directos, su participación es voluntaria. Sin embargo, la investigadora entiende que este estudio aportará información pertinente que contribuirá a recabar información pertinente para medir el logro de los objetivos de los programas de entrenamiento en investigación de estudiantes puertorriqueños.

Confidencialidad

La investigadora protegerá su identidad garantizando la confidencialidad de la información. Su nombre o información que lo identifique no aparecerá en documento alguno. Toda información que le pueda identificar será manejada confidencialmente, según lo establece el Comité institucional para la protección de los seres humanos en la investigación (Cipshi). Para esto se tomarán las siguientes medidas de seguridad. Las grabaciones serán debidamente custodiadas y guardadas en un archivo digital con seguridad de acceso. Al finalizar el proceso de entrevista, dichas grabaciones se transcribirán. Las transcripciones se identificarán asignando un código a cada participante. Luego de que se concluya con la investigación, el material grabado será destruido en el término de un año. De otra parte, las transcripciones permanecerán custodiadas por la investigadora en un archivo digital con código de acceso. A tenor con las disposiciones de la Junta de Revisión Institucional, las transcripciones serán borradas luego de cinco años de culminar la investigación.

El proceso de manejo de la información será lo más confidencial posible, considerando las leyes estatales y federales, por lo que su nombre no será utilizado en momento alguno. Solamente la investigadora, su supervisora de tesis y los miembros del Tribunal de Defensa de Tesis, tendrán acceso a la información que le identifique directa o indirectamente incluyendo esta hoja de consentimiento informado.

La información que se recopile se utilizará exclusivamente para fines educativos y de investigación. Los resultados generales de esta investigación serán conservados permanentemente para ser utilizados en otras investigaciones o ser publicados en revistas profesionales o científicas (arbitradas). De igual forma, los resultados pueden ser presentados en convenciones de asociaciones profesionales, pero la identidad de usted no será divulgada. Los (documentos, materiales o datos que conservará indefinidamente)

Derechos

Si ha leído este documento y ha decidido participar en la investigación, entienda que la misma es completamente voluntaria. A su vez, tiene derecho a no contestar alguna premisa en particular o abandonar el estudio cuando así lo desee, sin penalidad alguna. Asimismo, tiene derecho a recibir una copia de este documento.

De surgir alguna pregunta o recomendación adicional con relación a la investigación, favor comunicarse con la investigadora vía correo electrónico: edjeancalderon@gmail.com o al 1-787- 944-2863. De igual forma, puede comunicarse con la directora de tesis, la Dra. María José Fernández Díaz a su correo electrónico mjfdiaz@ucm.es.

De tener alguna duda relacionada a sus derechos como participante en este estudio, pueden ser dirigidas a la Secretaria de Alumnos de la Facultad de Educación de la Universidad Complutense al correo electrónico secre.alumnos@edu.ucm.es.

Su firma en este documento significa que ha decidido participar después de haber leído y discutido la información presentada en esta hoja de consentimiento. Por favor, marque en el encasillado provisto debajo de la firma si accede o no a que la entrevista realizada sea grabada.

Nombre del participante

Firma

Fecha

☐ Acepto que la entrevista sea grabada en audio

☐ No acepto que la entrevista sea grabada en audio

He discutido el contenido de esta hoja de consentimiento con el arriba firmante. Le he explicado los riesgos y beneficios de la investigación.

Edjean M. Calderón Cruz

Investigadora Principal

Firma

Fecha

ANEXO 2

PROTOCOLO DE ENTREVISTAS

Instrucciones generales: El propósito de esta entrevista es conocer, a partir de su experiencia como investigador y personal directivo de programas de entrenamiento en investigación de estudiantes en ciencias, aquellos factores que, según su percepción facilitan la entrada de los estudiantes a escuela graduada. Le garantizamos la confidencialidad en la información que nos provea, puesto que solo se usará con fines educativos e investigativos. Aunque le exhorto a participar de manera activa durante la entrevista, le recuerdo que no está obligada a responder a todas las preguntas. Asimismo, esta entrevista será grabada en audio, con previa autorización, para comprobar y analizar las respuestas que se ofrezcan.

Perfil del docente como investigador

1. Podría por favor indicar su preparación académica.
2. ¿En la actualidad ejerce como docente? ¿cuántos años lleva de experiencia docente tiene?
3. ¿Cuál es su clasificación laboral actual dentro de la institución que labora?
4. Además de su función como docente, ¿realiza investigaciones o dirige un laboratorio de investigación? ¿Cuál es el área de especialidad o tema de investigación que desarrolla en su laboratorio?
5. Podría describir la estructura organizacional que tiene su laboratorio. Es decir, ¿cuántas personas trabajan con usted? y ¿cómo es la dinámica o cadena de mando en el laboratorio? (quien supervisa a quien).

Perfil del docente como directivo de programas de entrenamiento en investigación

6. ¿Cuánto tiempo lleva trabajando en programas de entrenamiento en investigación en ciencias para estudiantes? Por favor indique el rol que ha realizado o realiza dentro del o de los programas con los cuales ha trabajado.
7. ¿En la actualidad ejerce algún puesto directivo en algún programa de entrenamiento en investigación? Podría, por favor, indicar el nombre del programa y sus funciones dentro programa de entrenamiento en investigación.

Descripción del programa

8. Describa brevemente el objetivo general del programa y las actividades que ofrecen para alcanzarlo. (tiempo que los participantes están, mentoría, estipendios, internado de verano, etc)
9. ¿Qué agencia financia el programa? ¿Cuánto tiempo de vida o de implementación tiene el programa?

Descripción de los participantes

10. Al momento, ¿cuántos estudiantes participan activamente del programa? Niveles académicos (estudiantes subgraduados y/o graduados) y concentraciones académicas.
11. ¿Cuáles son los criterios para la selección de participantes?
12. Además de los criterios antes mencionados, ¿consideran otros elementos al momento de seleccionar un potencial candidato? (experiencia previa en investigación)

Factores que facilitan el éxito de los estudiantes

13. Desde su experiencia como profesora mentora de estudiantes que realizan investigaciones ¿qué destrezas debe tener un estudiante para trabajar en un laboratorio? (manejo del tiempo, solución de conflictos)
14. Académicamente, que conocimientos básicos debe tener un estudiante para poder tener una buena ejecución realizando investigación. (análisis de datos, revisión de literatura, realizar preguntas científicas)
15. ¿Considera que hay aspectos de personalidad que influyen en que un estudiante tenga éxito realizando investigaciones? Podría mencionar alguno de los aspectos de personalidad que todo estudiante que interesa realizar una carrera de investigación en ciencias debe tener. (liderazgo, trabajo en equipo, persistencia, comunicación, confianza)
16. ¿De qué manera la participación en programas de entrenamiento en investigación contribuye a que los estudiantes logren identificarse como científicos y se integren a la comunidad científica?
17. ¿De qué manera, la experiencia de trabajar en un laboratorio contribuye a despertar interés por realizar investigación?
18. ¿Entiende que participar de un programa de entrenamiento en investigación facilita que los estudiantes entren a escuela graduada? ¿Cómo participar de un programa de entrenamiento en investigación facilita que un estudiante entre a escuela graduada? aporta la experiencia.

Preguntas de cierre

19. Si compara los estudiantes que participan de un programa de entrenamiento en investigación versus aquellos que no, cuál es la principal ganancia que los estudiantes obtienen de esta experiencia. (académica, profesional, personal).
20. A modo de resumen ¿qué características debe poseer un estudiante que desea continuar una carrera en investigación biomédica?
21. Desea comunicar otro aspecto o aspectos de su experiencia que no se incluyeron en las preguntas realizadas.

ANEXO 3

INSTRUMENTOS PARA EVALUAR LAS EXPERIENCIAS DE INVESTIGACIÓN

Instructions: The purpose of this questionnaire is to better understand to what extent your participation in our Program contributes to the improvement and advancement of your research and professional skills.

A. Please select the alternative that describes how much **you have gained** in the following areas as a result of your **mentored research experience and training**.

I. Laboratory skills

	No gain	Little gain	Moderate gain	Good gain	Great gain
1. Skills to follow experimental research procedures.	☐	☐	☐	☐	☐
2. Time management to accomplish your research work.	☐	☐	☐	☐	☐
3. Ability to overcome difficulties optimizing the use of resources.	☐	☐	☐	☐	☐
4. Willingness to work in collaborative groups.	☐	☐	☐	☐	☐
5. Ability to work independently on your research.	☐	☐	☐	☐	☐
6. Use technical science skills (use of tools, instruments, and/or techniques).	☐	☐	☐	☐	☐
7. Use of laboratory safety rules to conduct your research.	☐	☐	☐	☐	☐
8. Adhere to ethical norms in your research work.	☐	☐	☐	☐	☐
9. Use of critical thinking in your research work.	☐	☐	☐	☐	☐
10. Being proactive in your research work.	☐	☐	☐	☐	☐
11. Ability to give and accepts criticism.	☐	☐	☐	☐	☐

II. Scientific method knowledge

	No gain	Little gain	Moderate gain	Good gain	Great gain
1. Understand the theory and concepts that guide your research project.	☐	☐	☐	☐	☐
2. Ability to integrate theory and practice.	☐	☐	☐	☐	☐
3. Develop scientific questions to guide your research work.	☐	☐	☐	☐	☐
4. Formulate a research hypothesis based on a specific question.	☐	☐	☐	☐	☐
5. Reformulate your original research hypothesis (as appropriate).	☐	☐	☐	☐	☐
6. Decipher the next step in a research project.	☐	☐	☐	☐	☐

7. Understand the importance of experimental controls in research.	☐	☐	☐	☐	☐
8. Design an experiment to test the hypothesis.	☐	☐	☐	☐	☐
9. Use problem-solving strategies in your research work.	☐	☐	☐	☐	☐
10. Relate your results to the big picture in your field.	☐	☐	☐	☐	☐
11. Identify limitations of research methods and designs.	☐	☐	☐	☐	☐

III. Literature review skill

	No gain	Little gain	Moderate gain	Good gain	Great gain
1. Use scientific language and terminology to conduct literature searches.	☐	☐	☐	☐	☐
2. Ability to conduct scientific literature search in databases.	☐	☐	☐	☐	☐
3. Understand primary (scientific) literature.	☐	☐	☐	☐	☐
4. Use scientific literature to guide research.	☐	☐	☐	☐	☐

IV. Data management skills

	No gain	Little gain	Moderate gain	Good gain	Great gain
1. Decipher what data to collect and how to collect them.	☐	☐	☐	☐	☐
2. Use statistical knowledge in your research work.	☐	☐	☐	☐	☐
3. Select the appropriate statistical analysis for your research work.	☐	☐	☐	☐	☐
4. Conduct statistical analysis using computer software.	☐	☐	☐	☐	☐
5. Interpret data by relating results to the original hypothesis.	☐	☐	☐	☐	☐

V. Communication skills

	No gain	Little gain	Moderate gain	Good gain	Great gain
1. Oral communication of research findings.	☐	☐	☐	☐	☐
2. Answer questions with arguments supported by results and literature.	☐	☐	☐	☐	☐
3. Explain your research project to people outside your field.	☐	☐	☐	☐	☐
4. Document research procedures.	☐	☐	☐	☐	☐
5. Prepare a scientific poster.	☐	☐	☐	☐	☐
6. Write a research paper for publication.	☐	☐	☐	☐	☐

VI. Scientific Identity

	No gain	Little gain	Moderate gain	Good gain	Great gain
1. Feel confident in your ability to contribute to science.	☐	☐	☐	☐	☐
2. Understand how scientists work on problems.	☐	☐	☐	☐	☐

3. Engage in real-work science research.	☐	☐	☐	☐	☐
4. Visualize yourself as a scientist.	☐	☐	☐	☐	☐
5. Think creatively about your research work (try out new ideas or procedures).	☐	☐	☐	☐	☐
6. Feel responsible for the project.	☐	☐	☐	☐	☐
7. Work extra hours because you were excited about research.	☐	☐	☐	☐	☐
8. Understand the relevance or purpose of your research.	☐	☐	☐	☐	☐
9. Develop a productive network with other scientists.					
10. See yourself as part of a scientific community.	☐	☐	☐	☐	☐

VII. Clarification of career path

	No gain	Little gain	Moderate gain	Good gain	Great gain
1. Self-confidence in achieving career goals.	☐	☐	☐	☐	☐
2. Understand how science is applied in multiple career paths.	☐	☐	☐	☐	☐
3. Learn about the academic preparation necessary to achieve your career goals.	☐	☐	☐	☐	☐
4. Clarify which field of study you want to pursue.	☐	☐	☐	☐	☐
5. Confidence in your readiness to continue to the next step in your academic career.	☐	☐	☐	☐	☐

Demographic

- Please, select your current academic level.
 - ☐ Undergraduate student
 - ☐ Graduate student
- Please, select your academic concentration.
 - ☐ Biology
 - ☐ Chemistry
 - ☐ Other, please specify
- Please, let us know the amount of time (in semesters) that you have worked in a research laboratory.
 - ☐ 1 semester
 - ☐ 2 semesters
 - ☐ 3 semesters
 - ☐ 4 semesters
 - ☐ 5 semesters
 - ☐ 6 semesters
 - ☐ 7 semesters
 - ☐ 8 semesters
 - ☐ Other, please specify
- Please, select your gender
 - ☐ Female
 - ☐ Male

- Other
 - Prefer not to answer
5. Please, select what you intend to do after your participation in PRCEN program
- Complete bachelor's degree.
 - Enroll in a post bachelor's degree.
 - Enroll in a Ph.D. Program.
 - Enroll in a master's degree program.
 - Enroll a combined M.D./Ph.D. Program.
 - Enroll in a medical, pharmacy or dental school.
 - Enroll in a program to earn a different professional degree (for example: law, veterinary medicine).
 - Work in a science lab.
 - Industry
 - Post-doctoral program.

ANEXO 4

CORRESPONDENCIA DE LOS ÍTEMS QUE SE IDENTIFICAN EN LA LITERATURA CON LAS CATEGORÍAS BAJO ANÁLISIS DE LA FASE CUALITATIVA

Correspondencia de los ítems que se identifican con las categorías bajo análisis

Kardas	Adedokun (adaptacion de Kardas)	URSAA	Lopato	Estrada (adaptada de Chremer)	Robnett Chremer	Brenner (adaptada de Chremer)	Temas que añaden los profesores
Literature review skills							
Make use of primary scientific research literature in your field (e.g. journal articles)	Ability to conduct literature searches	Understanding journal articles	Understanding primary literature	Use scientific literature and reports to guide research	Use scientific literature to guide research	Use scientific language and terminology	
Understand and contemporary concepts in your field.	literature reviews understand a journal article	Conducting database or internet search					
Scientific method							
Identify a specific question for investigation based on the research in your field		Formulating a research question that could be answered with data	Assertions require supporting evidence	Generate a research question to answer	Relate results and explanations to the work of others.	Generate a research question	Variable identification
Formulate a research hypothesis based		Identifying limitations of research methods and designs	Understanding of the research process	Develop theories (integrate results from multiple studies)	Generate a research question to answer		Conocer los datos que manejo y poder explicarlos
		Understanding the theory	Ability to integrate theory and practice		Develop theories (integrate results from		

on a specific question	and concepts guiding my research project	Understanding how knowledge is constructed.	multiple studies)
Design an experiment or theoretical test of the hypothesis	Figuring out the next step in a research Project. Problem-solving in		
Understand the importance of “controls” in research	general Understanding connections among scientific disciplines		
Reformulate your original research hypothesis (as appropriate)	Understanding the relevance of research to my course work		

Data skills

Observe and collect data	Abilities to observe and collect data	Analyzing data from patterns	Ability to analyze data	Figure out what data/observations to collect and how to collect them	Create explanations for the results of the study	Figure out what data to collect and how to collect them	Basic statistical knowledge
Statistically analyze data	Organize and enter data into spreadsheets	Conducting observations in the lab or field	Skills in the interpretation of results			Analyze what data/observations mean	Basic math skills
Interpret data by relating results to the original hypothesis	Conduct statistical analysis using computer software	Using statistics to analyze data		Create explanations for the results of the study		Explain study results.	
	Interpret data						
	Relate results to “the bigger						

Related results to the “bigger picture” in your field	picture” in their field					
Communication skills						
Orally communicate the results of your research projects	writing the results of experiments documenting research procedures orally communicating research findings	Writing scientific reports or papers	Skill in science writing			Comunicar ciencia a público en general.
Write a research paper for publication	writing a paper for publication preparing a research poster	Making oral presentations	Skill in oral presentation			Dominio del inglés (oral y escrito).
		Defending an argument when asked questions				puede sentarse con los investigadores que vienen de visita y explicarles de lleno todo lo que está haciendo, hablarle de su interés en la ciencia, y de su visión futura de lo que quiere hacer
		Preparing a scientific poster				
		Keeping a detailed lab notebook				
		Explaining my project to people outside my field				
Laboratory skills						
Think independently	skills in following experimental research procedures	Calibrating instruments needed for measurement	Learning lab techniques	Use technical science skills (use of tools, instruments, and/or techniques)	Use technical science skills (use of tools, instruments,	Planificación de experimentos (planifico mis experimentos e

ly on research projects	(uso y manejo) Managing my time Comfort in working collabora tively with others Ability to work independ ently Developi ng patience with the slow pace of research	independe ntly Readiness for more demandin g research. Learning ethical conduct.	and/or technique s)	identifico “qué necesito” pues para poder ejecutarlo y se exitoso en ello). Tener temple Persistenci a resourcefu l” que es todos los recursos que yo tenga poder usarlos para resolver un problema que tenga) Proactive Capacidad de autoregula rse (automotiv arse)

Scientific Identity

Confiden ce in my ability to contribut e to science. Confiden ce in my ability to do well in future	Understan ding how scientist think. Understan d how scientist work on problems.	I have a strong sense of belonging to the community of scientists. I derive great personal satisfaction	In general, being a scientist is an important part of my self- image. Being a scientist	Being a scientist is an important part of my self-image. Being a scientist is an important reflection	Networkin g

science courses Understa nding what everyday research work is like Engage in real- work science research Feel like a scientist Think creativel y about the project Try out new ideas or procedur es on your own Feel responsib le for the project Work extra hours because you were excited about research Interact with scientist from outside your school Feel part of a scientific	Becoming part of the learning communit y.	from working on a team that is doing important research. I have come to think of myself as a 'scientist. I feel like I belong in the field of science. The daily work of a scientist is appealing to me.	is an important reflection of who I am. I feel like I belong in the field of science. I have a strong sense of belongin g to the communi ty of scientists . I am a scientist	of who I am. I have come to think of myself as a "scientist. I have a strong sense of belonging to the community of scientists

communi ty	
Clarification of career path	
My research experienc e has prepared me for a job. Doing research has confirme d my interest in my field of study. Doing research has clarified for me which field of study I want to pursue. My research experienc e has prepared me for advance coursewo rk or thesis work My research experienc e has prepared me for graduate school. My undergra	Clarificati on of a career path Self- confidenc e Understan ding science Understan ding how knowledg e is constructe d. Tolerance to obstacles.

duate
research
experienc
e has
prepared
me to
succeed
in an
academic
career.

ANEXO 5

RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DE LOS ÍTEMS QUE REALIZARON LOS EXPERTOS PLANTEARON

Resultados obtenidos producto del análisis de contenido por expertos

Destrezas de revisión de literatura

Ítem	Criterios												Comentarios
	Contenido ¹			Redacción ²			Vocabulario ³			Correspondencia ⁴			
	C	CP	NC	C	CP	NC	C	CP	NC	C	CP	NC	
1		X X			X X		X	X		X	X		No especifica búsqueda de qué Añadiría a la premisa: of research literature ¿cuál es la diferencia entre esta pregunta y la #2?
2		X			X X			X X		X X	X		No especifica el tipo de literatura (científica o primaria) Creo que esta es muy similar a la anterior
3		X X			X		X			X			Un poco ambiguo ¿combinar la pregunta #2 y la #3? “Use of scientific terminology to conduct a literature search”.
4		X X			X X		X	X		X		X	No dice para qué se usaría la literatura. ¿cual es la diferencia entre esta pregunta y la #6?
5													Está bien relacionada a la anterior aunque entiendo la diferencia entre una y otra

6													Esta me gustó porque dijo para qué se usará la literatura ¿Cual es la diferencia entre la pregunta #6 y la #4?
<u>Comentarios</u> I- Posiblemente incluir premisas sobre conocer los diferentes tipos de escritos científicos (research articles, notes, letters, technical notes, reviews, editorials) II- Revisa el tiempo de los verbos para que todos sean iguales: por ejemplo, en el ítem 1, es Conducting mientras que en el siguiente to conduct y así a lo largo de la tabla. III- Ítem 2 debe ser el 1 y el ítem 1 debe ser el IV- cambiar la secuencia de preguntas para que siga un plan de desarrollo: aprender terminología; usar basa de datos; entender literatura; usar literatura para guiar la investigación													

Conocimiento en el método científico

Conocimiento en el método científico													
Ítem	Criterios												Comentarios
	Contenido ¹			Redacción ²			Vocabulario ³			Correspondencia ⁴			
	C	CP	NC	C	CP	NC	C	CP	NC	C	CP	NC	
1													Esto suena como el título de la categoría.
2					X X			X					La pregunta es ambigua quizá por la forma en que está redactada.
3					X	X		X					Cambiaría la palabra “reformulate” Añadiría una palabra o frase al inicio. Algo como “improved capability of ...”
4													
5		X			X			X					Cambiaría la expresión “figuring out”

												por algo más formal como Identifying or deciphering.
6					X X			X				pondría positive and negative controls y también eliminaría los "" Añadir "experimental control"
7		X			X			X				Añadir "to test the hypothesis." Parte de este ítem parece como el #4 (hipótesis)
8												
9		X X			X	X			X			Especificar "problem solving" sobre algo específico Añadiría una palabra o frase inicial como "Improving" o algo en esa línea
10		X			X			X				

Comentarios

II- Noto que hay premisas que están redactadas en segunda (your) persona y otras en primera persona (my). Revisa esos detalles.

IV- cambiar la secuencia de los ítems. Por ejemplo, el #4 puede venir antes que el #3.

Destrezas para el manejo de datos

Ítem	Criterios				
	Contenido ¹	Redacción ²	Vocabulario ³	Correspondencia ⁴	Comentarios

	C	CP	NC	C	CP	NC	C	CP	NC	C	CP	NC	
1					X X			X X					Te sugiero cambies la expresión “figuring out” por algo más formal. Añadir “pertinent data”
2			X			X X		X	X				How? This could be clearer La premisa es confusa
3			X		X	X			X			X	About what? Types of analyses? Software? Revisa esta premisa. ¿Qué de conocimiento estadístico? ¿Conocimiento general, aplicado a la investigación?
4													
5													
6		X			X	X			X				Reescribiría la premisa con algo como “Results can be explain in the context of the impact to the research field ¿esto va con la sección de data skills, o la sección de scientific method knowledge?
7			X		X	X			X			X	NO CREATE. Nosotros no creamos proveemos explicaciones en el contexto de la

													información existente. Eliminaría esta premisa ¿esto va con data skills?
<u>Comentarios</u>													
I- Tal vez sugiero que se incorpore “Select the appropriate statistical análisis for your experiment(s)													
II- En el título de tabla escribiría Data Management o Analysis Skills													

Destrezas de comunicación

Ítem	Criterios												Comentarios
	Contenido ¹			Redacción ²			Vocabulario ³			Correspondencia ⁴			
	C	CP	NC	C	CP	NC	C	CP	NC	C	CP	NC	
1								X					Escribiría Oral en lugar de Orally
2						X		X					La premisa es confuse. Answer questions with valid arguments support by results and literature. ¿Es eso lo que quieres decir?
3													
4					X X			X					Writing what and how? What about skills?
5													In writing? ¿Esto va con la sección de manejo de data, o destrezas generales de laboratorio?
6													
7													

Comentarios

IV- cambiar la secuencia de los ítems. Por ejemplo, writing paper sería lo último. Documentando procedimientos sería la primera pregunta.

Destrezas generales en el laboratorio

Ítem	Criterios												Comentarios
	Contenido ¹			Redacción ²			Vocabulario ³			Correspondencia ⁴			
	C	CP	NC	C	CP	NC	C	CP	NC	C	CP	NC	
1													Parece como la pregunta #6.
2		X			X X								Elaborar que es en el contexto académico **
3		X X			X								¿Cuáles o qué tipo de obstaculos? La premisa es confusa. Quizá puedes decir algo como “recognition and management of obstacles during the experiments”? ¿esto suena como la pregunta #10? ¿que tipo de obstáculo?
4								X					Cambiaría la palabra comfort por willingness to work in collaborative groups, or confidence working in collaborative groups.
5					X								Sugiero especificar work independently doing what? Doing experiments? Designing

													experiments? Preparing presentations?
6													
7					X								Ethical conduct about what in particular?
8		X			X X			X					Elaborar What about critical thinking?
9		X		X	X X		X				X		Elaborar What about proactiveness? ¿Proactive in what?
10		X			X X			X					Esta se parece mucho a la premisa tres y está mejor expresada. Quizá puedas eliminar la tres y dejar ésta.
11					X								
Comentarios													
I- Puede ser apropiado tener una premisa sobre la seguridad en el laboratorio													

Identidad científica

Ítem	Criterios												Comentarios
	Contenido ¹			Redacción ²			Vocabulario ³			Correspondencia ⁴			
	C	CP	NC	C	CP	NC	C	CP	NC	C	CP	NC	
1													
2					X								
3													¿la diferencia entre la #2 y la #3 está clara?
4													Me parece que le falta algo a esta premisa. Interest in engaging ...?

5													El uso del verbo “Feel” en este contexto puede ser confuso. Quizá Visualize yourself as a scientist ¿Casi suena como el título de la categoría?
6													
7													“casi” parece como la pregunta #6.
8													
9													
10								X					Quizá puedes sustituir la palabra Feel por See yourself as o algo así. Añadir la palabra “network”.
Comentarios IV- Añadir algo como “form part of a scientific network”. Añadir algo como “understand the relevance or purpose of your research”													

Planes futuros

Ítem	Criterios												Comentarios
	Contenido ¹			Redacción ²			Vocabulario ³			Correspondencia ⁴			
	C	CP	NC	C	CP	NC	C	CP	NC	C	CP	NC	
1		X			X			X			X		Especificar que sea en STEM por ejemplo “Considered and explored new career options in STEM fields” El nombre del ítem es el mismo que la categoría. Sugerencia: incluir

												algo de la red profesional para ayudar a definir/lograr la vía de la carrera.
2			X			X			X		X	Elaborar y especificar por ejemplo, "Self-confidence in achieving career goals" Increase of self-confidence
3			X			X			X		X	Elaborar y especificar Improve on the understanding
4												Better understanding of my career path
5												

Comentarios

I- Understanding how science is applied in multiple career paths. Otra sugerencia es incluir una premisa similar a- "Learned about the academic preparation necessary to achieve my career goals"

IV- Cambiar secuencia de las preguntas: 1) self-confidence; 2) field of study; 3) graduate school; understand career options

ANEXO 6

COMUNALIDADES Y UNICIDADES ANÁLISIS FACTORIAL EXPLORATORIO

Comunalidades y unicidades análisis factorial exploratorio

Ítems	Comunalidades		Unicidad
	Inicial	Extracción	
LS1	0.72	0.62	0.38
LS2	0.67	0.51	0.49
LS3	0.65	0.54	0.46
LS4	0.67	0.55	0.46
LS5	0.66	0.53	0.47
LS6	0.61	0.48	0.52
LS7	0.70	0.64	0.36
LS8	0.75	0.69	0.31
LS9	0.78	0.60	0.40
LS10	0.77	0.57	0.43
LS11	0.68	0.46	0.54
SMK1	0.69	0.43	0.57
SMK2	0.78	0.63	0.37
SMK3	0.82	0.74	0.27
SMK4	0.82	0.72	0.28
SMK5	0.83	0.77	0.24
SMK6	0.72	0.66	0.34
SMK7	0.72	0.64	0.36
SMK8	0.75	0.62	0.38
SMK9	0.82	0.67	0.33
SMK10	0.70	0.58	0.42
SMK11	0.67	0.50	0.50
LRS1	0.80	0.67	0.33
LRS2	0.84	0.67	0.33
LRS3	0.82	0.61	0.39
LRS4	0.86	0.71	0.29
DMS1	0.76	0.63	0.37
DMS2	0.82	0.78	0.22
DMS3	0.81	0.82	0.18
DMS4	0.80	0.75	0.25
DMS5	0.73	0.64	0.36
CS1	0.72	0.57	0.43
CS2	0.73	0.63	0.37
CS3	0.66	0.51	0.49
CS4	0.72	0.61	0.39
CS5	0.57	0.33	0.67

SI1	0.72	0.61	0.39
SI2	0.83	0.77	0.23
SI3	0.79	0.67	0.33
SI4	0.69	0.53	0.47
SI5	0.80	0.65	0.35
SI6	0.73	0.60	0.40
SI8	0.77	0.60	0.41
SI9	0.73	0.50	0.50
SI10	0.79	0.66	0.34
CCP1	0.76	0.62	0.38
CCP2	0.72	0.55	0.45
CCP3	0.74	0.56	0.44
CCP4	0.79	0.68	0.32
CCP5	0.82	0.75	0.26

ANEXO 7

MATRIZ PATRÓN O DE CONFIGURACIÓN ROTADA

ANÁLISIS FACTORIAL EXPLORATORIO

Modelo siete factores

Ítem	Factores						
	GLS	CS	SI	SMK	CCP	DMS	LRS
GLS1	0.93						
GLS2	0.46						
GLS3	0.41						
GLS4	0.61						
GLS5	0.39						
GLS6	0.69						
GLS7	1.00						
GLS8	0.76						
GLS9	0.42			0.42			
GLS10		0.31		0.33			
GLS11				0.30			
SMK1				0.36			
SMK2				0.41			
SMK3				0.94			
SMK4				0.81			
SMK5				1.00			
SMK6				0.66			
SMK7	0.55						
SMK8	0.46			0.42			
SMK9		0.39		0.51			
SMK10		0.55					
SMK11							
LRS1							0.65
LRS2							0.81
LRS3							0.79
LRS4							0.75
DMS1						0.46	
DMS2						0.98	
DMS3						0.97	
DMS4						0.91	
DMS5						0.54	
CS1		0.87					
CS2		0.72					
CS3		0.96					
CS4		0.59					
CS5		0.71					

SI1		0.35	0.40
SI2	0.49	0.50	
SI3	0.45	0.50	
SI4		0.76	
SI5	0.38		
SI6		0.72	
SI8		0.67	
SI9			
SI10		0.81	
CCP1			0.72
CCP2			0.34
CCP3			0.57
CCP4			0.68
CCP5		0.32	0.73

Nota. Extracción de factores por el método de factorización de ejes con principales con una rotación Promax.

Modelo seis factores

Ítem	Factor					
	1	2	3	4	5	6
GLS1		0.82				
GLS2		0.41				
GLS3	0.36	0.45				
GLS4		0.70				
GLS5		0.38				
GLS6		0.62				
GLS7		0.98				
GLS8		0.81				
SMK7		0.62				
SMK1					0.35	
SMK2					0.41	
SMK3					0.77	
SMK4					0.77	
SMK5					0.89	
SMK6					0.60	
LRS1						0.67
LRS2						0.89
LRS3						0.77
LRS4						0.75
DMS1				0.49		
DMS2				0.93		
DMS3				0.93		
DMS4				0.86		
DMS5				0.56		
SMK10			0.63			
CS1			0.95			
CS2			0.79			
CS3			0.94			
CS4			0.61			
CS5			0.48			
SI4	0.75					
SI5	0.40					
SI6	0.53		0.38			
SI8	0.46					
SI10	0.66					
CCP1	0.84					

CCP2	0.44
CCP3	0.66
CCP4	0.80
CCP5	1.08

Nota. Extracción de factores por el método de factorización de ejes con principales con una rotación Promax.

ANEXO 8**MATRIZ DE RESIDUOS ESTANDARIZADOS**

ANEXO 9

ESTIMACIÓN DE LOS PARÁMETROS ANÁLISIS FACTORIAL CONFIRMATORIO

Modelo Ajustado

Parámetro			Estimación original ML		Estimación bootstrap			
			P	ET	ET-ET	P	Bias	ET-Bias
SMK7	<--	GLS	0.78	0.05	0.00	0.78	0.00	0.00
GLS8	<--	GLS	0.74	0.06	0.00	0.74	0.00	0.00
GLS7	<--	GLS	0.72	0.06	0.00	0.71	0.00	0.00
GLS6	<--	GLS	0.72	0.05	0.00	0.72	0.00	0.00
GLS5	<--	GLS	0.76	0.05	0.00	0.76	-0.01	0.00
GLS4	<--	GLS	0.74	0.06	0.00	0.73	-0.01	0.00
GLS3	<--	GLS	0.79	0.04	0.00	0.78	-0.01	0.00
GLS2	<--	GLS	0.75	0.04	0.00	0.75	0.00	0.00
GLS1	<--	GLS	0.78	0.06	0.00	0.78	0.00	0.00
SMK6	<--	SMK	0.83	0.03	0.00	0.83	0.00	0.00
SMK5	<--	SMK	0.88	0.03	0.00	0.87	0.00	0.00
SMK4	<--	SMK	0.88	0.02	0.00	0.88	0.00	0.00
SMK3	<--	SMK	0.88	0.03	0.00	0.88	0.00	0.00
SMK2	<--	SMK	0.81	0.05	0.00	0.80	0.00	0.00
SMK1	<--	SMK	0.69	0.08	0.00	0.69	0.00	0.00
LSR4	<--	LRS	0.92	0.02	0.00	0.92	0.00	0.00
LRS3	<--	LRS	0.90	0.03	0.00	0.90	0.00	0.00
LRS2	<--	LRS	0.86	0.03	0.00	0.86	0.00	0.00
LRS1	<--	LRS	0.83	0.04	0.00	0.83	0.00	0.00
DMS2	<--	DMS	0.90	0.03	0.00	0.90	0.00	0.00
DMS3	<--	DMS	0.92	0.03	0.00	0.92	0.00	0.00
DMS4	<--	DMS	0.88	0.03	0.00	0.88	0.00	0.00
DMS5	<--	DMS	0.54	0.09	0.00	0.53	-0.01	0.00
SMK10	<--	CS	0.81	0.04	0.00	0.81	0.00	0.00
CS1	<--	CS	0.76	0.05	0.00	0.76	-0.01	0.00
CS2	<--	CS	0.81	0.04	0.00	0.81	0.00	0.00
CS3	<--	CS	0.74	0.07	0.00	0.74	0.00	0.00
CS4	<--	CS	0.85	0.03	0.00	0.85	0.00	0.00
CS5	<--	CS	0.62	0.06	0.00	0.62	-0.01	0.00
SI4	<--	SI	0.74	0.06	0.00	0.73	0.00	0.00
SI5	<--	SI	0.82	0.04	0.00	0.82	0.00	0.00
SI6	<--	SI	0.76	0.06	0.00	0.75	-0.01	0.00
SI8	<--	SI	0.79	0.06	0.00	0.79	-0.01	0.00
SI10	<--	SI	0.78	0.05	0.00	0.78	0.00	0.00
CCP1	<--	SI	0.81	0.04	0.00	0.81	0.00	0.00
CCP2	<--	SI	0.81	0.04	0.00	0.81	0.00	0.00
CCP3	<--	SI	0.81	0.04	0.00	0.81	0.00	0.00
CCP4	<--	SI	0.79	0.04	0.00	0.79	0.00	0.00

CCP5	<--	SI	0.84	0.03	0.00	0.84	0.00	0.00
DMS5	<--	SMK	0.35	0.10	0.00	0.35	0.01	0.00

Nota. P=Parámetro estimado estandarizado; ET= Error Típico; P.E.= Parámetro estimado estandarizado

ANEXO 10**CORRELACIONES ESTIMADAS POR BOOTSTRAP**

Correlaciones Estimadas por Bootstrap

Parámetro			SE	SE-SE	Mean	Bias	SE-Bias
GLS	<-->	DMS	0.05	0.00	0.66	-0.01	0.00
GLS	<-->	CS	0.06	0.00	0.77	-0.01	0.00
GLS	<-->	SMK	0.05	0.00	0.84	0.00	0.00
GLS	<-->	LRS	0.05	0.00	0.74	-0.01	0.00
GLS	<-->	SI	0.05	0.00	0.82	-0.01	0.00
SMK	<-->	LRS	0.05	0.00	0.80	0.00	0.00
SMK	<-->	DMS	0.06	0.00	0.65	-0.01	0.00
SMK	<-->	CS	0.05	0.00	0.82	0.00	0.00
LRS	<-->	CS	0.06	0.00	0.77	-0.01	0.00
LRS	<-->	SI	0.06	0.00	0.72	-0.01	0.00
SMK	<-->	SI	0.05	0.00	0.80	0.00	0.00
DMS	<-->	SI	0.06	0.00	0.61	-0.01	0.00
CS	<-->	SI	0.04	0.00	0.89	0.00	0.00
LRS	<-->	DMS	0.06	0.00	0.63	-0.01	0.00
DMS	<-->	CS	0.06	0.00	0.61	-0.01	0.00
e14	<-->	e15	0.09	0.00	0.38	0.00	0.00
e33	<-->	e34	0.09	0.00	0.38	-0.01	0.00
e31	<-->	e35	0.13	0.00	0.36	0.00	0.00
e39	<-->	e40	0.12	0.00	0.32	-0.01	0.00
e1	<-->	e2	0.10	0.00	0.35	-0.01	0.00
e26	<-->	e28	0.09	0.00	0.37	0.00	0.00
e18	<-->	e19	0.13	0.00	0.38	-0.01	0.00
e3	<-->	e9	0.17	0.00	0.29	-0.03	0.00
e26	<-->	e27	0.08	0.00	0.31	0.00	0.00

ANEXO 11**GRÁFICOS Q-Q NORMAL**

Gráficos Q-Q normal para cada una de las variables

Gráfico Q-Q Normal Variable Destrezas Generales de Laboratorio

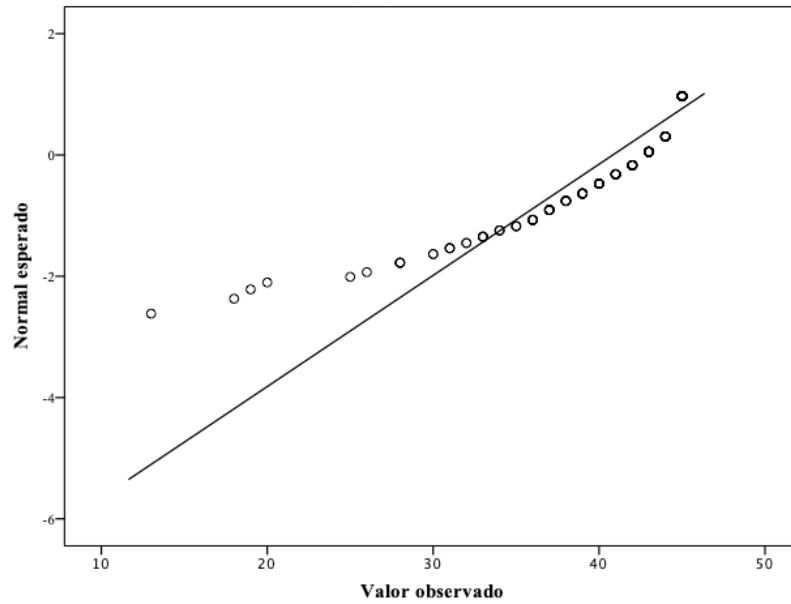


Gráfico Q-Q Normal Variable Conocimiento del Método Científico

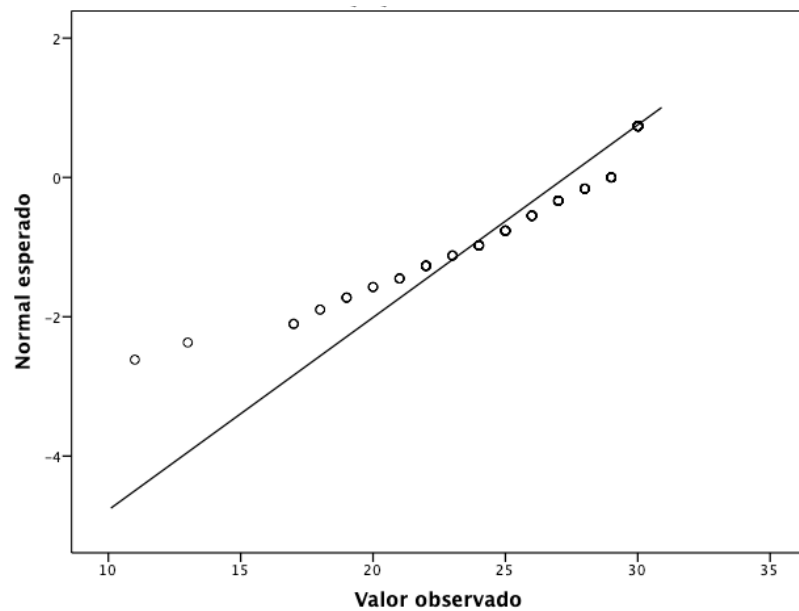


Gráfico Q-Q Normal Variable Destrezas de Revisión de Literatura

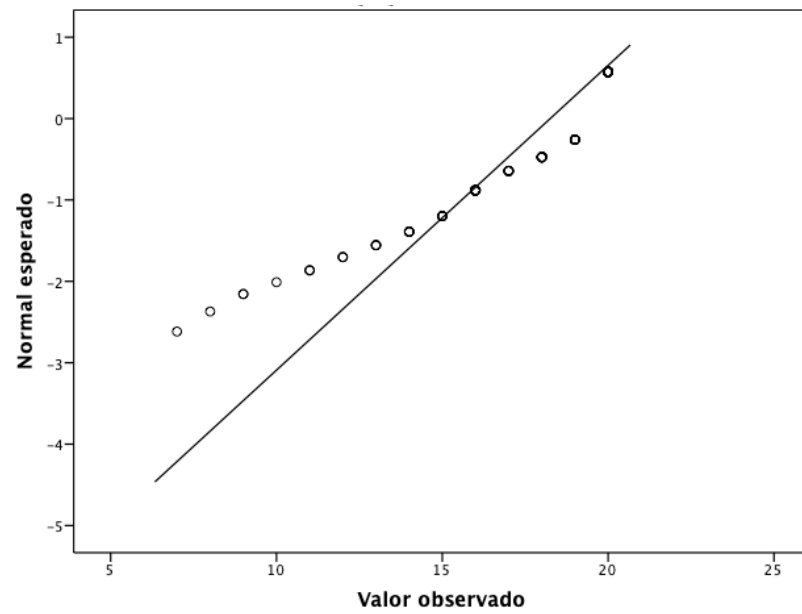


Gráfico Q-Q Normal Variable Destrezas para el Manejo de Datos

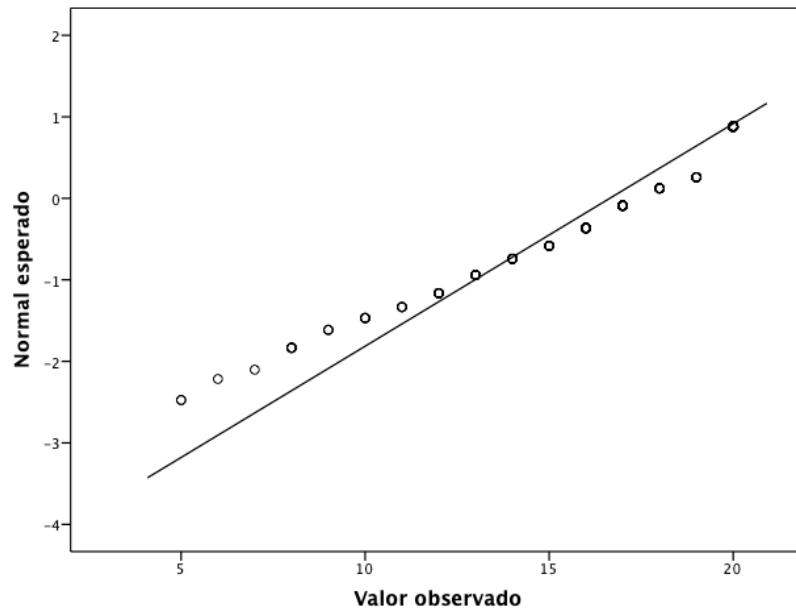


Gráfico Q-Q Normal Variable Destrezas de Comunicación

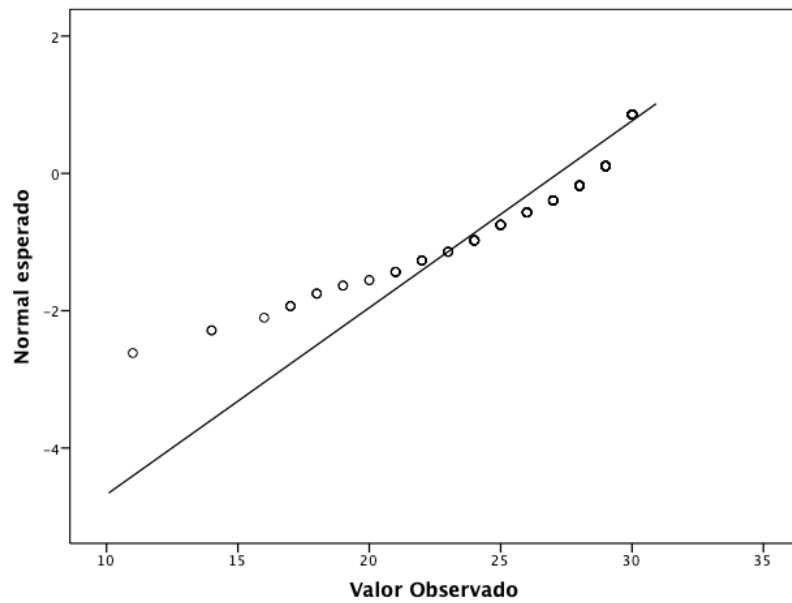


Gráfico Q-Q Normal Variable Identidad Científica

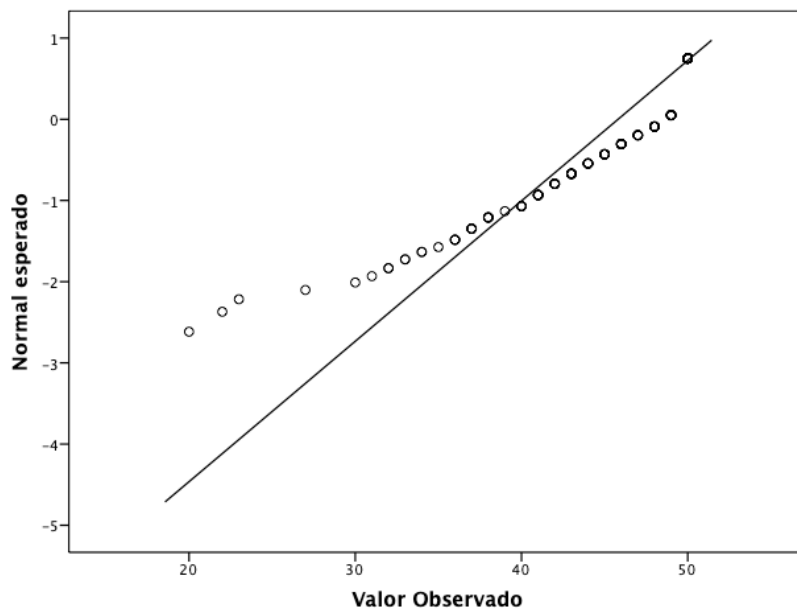


Gráfico Q-Q Normal Variable Tiempo Realizando Investigación

