



Universidad de San Andrés

Escuela de Educación

Maestría en Educación

Tesis de Maestría

La enseñanza de las ciencias basada en la indagación: lecciones desde Hagamos Ciencia, un programa de enseñanza de las ciencias en Panamá

Autora: Delfina D'Alfonso

Directora: Dra. Nadia De León

Buenos Aires, Octubre 2020



Universidad de
San Andrés

UNIVERSIDAD DE SAN ANDRÉS

ESCUELA DE EDUCACIÓN

MAESTRÍA EN EDUCACIÓN

Tesis de Maestría

La enseñanza de las ciencias basada en la indagación: lecciones desde Hagamos

Ciencia, un programa de enseñanza de las ciencias en Panamá

Delfina D'Alfonso

Directora: Dra. Nadia De León

Buenos Aires, Octubre 2020

AGRADECIMIENTOS

A la Escuela de Educación de la Universidad de San Andrés. Por darme la oportunidad de acceder al plan de formación que más se acercaba a mis intereses y preferencias.

A mi directora de tesis. Por cada uno de los momentos de aprendizaje. Por su guía tan profesional y dedicada. Por contagiarme la pasión por la investigación.

A Ricardo. Por ser el sostén de mi vida, particularmente de mi relación con mi carrera profesional. Por inspirarme a ser mejor cada día para construir la vida que deseamos.

A mi mamá. Por apoyarme en cada una de mis decisiones. Por ser mi modelo de mujer libre y apasionada por la educación.

A mi abuela. Porque cada vez que dudé en terminar esta tesis me reconfortaba recordar sus palabras de aliento y el café con leche y mucha azúcar que me servía cuando estudiaba hasta tarde.

A mis amigos y amigas. Por estar siempre. Por el apoyo y la paciencia tras relegar algunos planes y eventos.

A María, Lineth, Krystel y Francisco de la Dirección de Aprendizaje de la SENACYT. Por confiar en mis capacidades para evaluar el impacto del programa.

ÍNDICE

RESUMEN	6
INTRODUCCIÓN	7
PARTE I	12
CAPÍTULO 1	12
ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS	12
¿Por qué y para qué enseñar ciencias?	12
Enseñar ciencias como producto y como proceso	16
CAPÍTULO 2	20
LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS BASADA EN LA INDAGACIÓN	20
Enseñar ciencias por medio de la indagación	20
Estudios sobre el impacto de la ECBI en el aprendizaje de los estudiantes y en la práctica docente	27
CAPÍTULO 3	31
FORMACIÓN DOCENTE EFECTIVA	31
¿Cómo se logra y cómo se mide la formación docente efectiva?	32
La formación docente efectiva en el campo de enseñanza de las ciencias	37
CAPÍTULO 4	41
HAGAMOS CIENCIA	41
Recorrido histórico y objetivos del programa Hagamos Ciencia	41
Desarrollo profesional de los docentes de Hagamos Ciencia	44
Estudios sobre Hagamos Ciencia	47
CAPÍTULO 5	49
EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	49
La situación de la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias en Panamá	49
La formación docente de los países en desarrollo	51
PARTE II	54
CAPÍTULO 1	54
DISEÑO METODOLÓGICO	54
Objetivos de investigación	54
Estrategia metodológica	56
Aportes y limitaciones del estudio	64

CAPÍTULO 2	67
ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	67
Nivel de implementación de la ECBI	67
Correlaciones entre criterios	70
Asociación entre el nivel de implementación de las estrategias de ECBI y el aprendizaje de los estudiantes	81
CAPÍTULO 3	84
CONCLUSIONES	84
CONSIDERACIONES FINALES	94
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	96
ANEXOS	106



Universidad de
San Andrés

ÍNDICE DE TABLAS Y GRÁFICOS

Tabla 1. Aspectos de la formación docente que resultan más efectivos según los hallazgos de los diferentes autores.	34
Tabla 2. Aspectos de la formación docente en ciencias que también resultan efectivos según los hallazgos de los diferentes autores.	39
Gráfico 1. Docentes observados según el/los grado/s que dictan	57
Gráfico 2. Estudiantes evaluados según grado al que asisten	57
Tabla 3. Rúbrica de observación del dominio enseñanza de las ciencias	60
Tabla 4. Descriptivas de cada criterio observado	67
Gráfico 3. Puntaje promedio obtenido por los docentes en cada uno de los criterios observados	67
Gráfico 4. Correlación entre las prácticas dominio del objetivo del módulo y planteamiento de preguntas, preguntas científicas y predicciones	71
Gráfico 5. Correlación entre las prácticas dominio del objetivo del módulo y el manejo de datos	72
Gráfico 6. Correlación entre las prácticas dominio del objetivo del módulo y la construcción de explicaciones	73
Gráfico 7. Correlación entre las prácticas dominio del objetivo del módulo y la discusión de ideas	74
Gráfico 8. Correlación entre las prácticas preguntas y predicciones y manejo de datos	75
Gráfico 9. Correlación entre las prácticas preguntas y predicciones y construcción de explicaciones	76
Gráfico 10. Correlación entre las prácticas preguntas y predicciones y discusión de ideas	77
Gráfico 11. Correlación entre las prácticas manejo de datos y construcción de explicaciones	78
Gráfico 12. Correlación entre las prácticas manejo de datos y discusión de ideas	79
Gráfico 13. Correlación entre las prácticas construcción de explicaciones y discusión de ideas	80
Tabla 5. Descriptivas de los resultados de la prueba	81

RESUMEN

Este trabajo tiene como objetivo analizar los modos de implementación de la enseñanza de las ciencias basada en la indagación (ECBI) y su asociación con el aprendizaje de los estudiantes participantes del programa de capacitación docente Hagamos Ciencia en Panamá durante el 2019. Se analizó el nivel de implementación de los criterios de ECBI de los docentes del programa a partir de datos previamente recolectados en observaciones de clase por los mentores de los docentes. Los resultados muestran que aún se encuentran progresando en todos los criterios. Posteriormente, se establecieron correlaciones entre los criterios de ECBI observados unos con otros. En todos los pares de criterios analizados se encontró una relación positiva significativa. Por último, se realizó un análisis de regresión lineal para determinar la asociación entre el nivel de implementación de ECBI y el aprendizaje de los estudiantes a partir de los resultados de pruebas aplicadas a los estudiantes del programa. Se encontró una asociación positiva significativa que invita a redoblar esfuerzos en la formación de los docentes de ciencias de Panamá y de la región. Principalmente, en una formación centrada en el enfoque de ECBI con especial atención en continuar desarrollando en los docentes la habilidad de incentivar el planteamiento de preguntas, preguntas científicas y predicciones por parte de los estudiantes; y en lograr altos niveles de implementación.

Universidad de
San Andrés

INTRODUCCIÓN

La sociedad del siglo XXI requiere diseñar experiencias de aprendizaje significativas para los estudiantes y un enfoque en habilidades particulares de enseñanza. Un extenso cuerpo de investigación ha manifestado la necesidad de una reforma educativa que se aleje de los métodos tradicionales de transmisión del conocimiento para dar lugar a una enseñanza activa (Friesen y Jardine, 2009; Perkins, 2009; Alberta Education, 2010). En los últimos años, han surgido varios programas educativos alineados a ciencias, tecnología, ingeniería, arte y matemática (STEAM por sus siglas en inglés) y que aplican metodologías del aprendizaje por experiencias para el desarrollo de habilidades propias del siglo XXI, principalmente como propuestas de organizaciones de la sociedad civil. Algunos ejemplos son Pequeños Científicos en Colombia, Ciencia y Tecnología para Niños en México, Expedición Ciencia en Argentina y el Programa de Indagación Científica para la Educación en Ciencias en Chile.

En Panamá, los resultados de las pruebas internacionales en las que el país ha participado demostraron una deuda pendiente con la niñez y juventud panameña. La gran mayoría no domina los contenidos y las habilidades necesarias para desempeñarse exitosamente en los tiempos que corren. En TERCE, los estudiantes panameños de 6° grado puntuaron por debajo del promedio de la región en ciencias (UNESCO, 2015: 84). En PISA 2018, los resultados de Panamá se ubican por debajo del promedio de los países de la OCDE y debajo del promedio regional de América Latina y el Caribe (MEDUCA, 2019b: 8).

Al mismo tiempo, la cultura escolar no ha facilitado el desarrollo de una cultura científica en las escuelas. Gairín, Sanmartí, Armengol Aspró, Marbá Tallada y de Talavera (2009: 23), al realizar una evaluación del profesorado en ciencias en Panamá y estudiar el sistema educativo panameño en todos sus niveles, se encontraron con “un currículo muy cargado en contenidos, muy fraccionado (14 materias en algunas etapas) y centrado en modelos transmisivos y memorísticos”. También notaron que aunque el currículo general se considera una base sobre la cual los docentes deben desarrollar los objetivos de aprendizaje a través de la planificación de aula, “su aplicación es bastante uniforme y vinculada al desarrollo que han realizado las editoriales (también muy

centradas en contenidos y poco en la actividad del estudiante)” (2009: 23). Por último, concluyeron que no es frecuente que se promueva que observen, manipulen, experimenten, conozcan la ciencia a través de sus aplicaciones o desarrollen experiencias que faciliten la construcción del conocimiento científico, “la actividad del estudiante en asignaturas de ciencias está lejos de la actividad científica y se centra mucho en el desarrollo mecánico del programa” (2009: 23).

En el 2014, La Dirección de Aprendizaje y Popularización de la Ciencia de la Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación de Panamá (en adelante SENACYT) redobló esfuerzos en implementar el programa Hagamos Ciencia, una propuesta centrada en la enseñanza de las ciencias basada en indagación (en adelante ECBI) con el fin de afianzar, no solo contenidos, sino también habilidades científicas propias del siglo XXI en los estudiantes panameños. Desde el 2017 la SENACYT recolecta información sobre la implementación de la ECBI en el aula a partir de observaciones que realizan los mentores a los docentes del programa. Además, la SENACYT aplica evaluaciones a los estudiantes al inicio y a fin del año escolar.

Esta tesis partió de la hipótesis de que existe una asociación positiva significativa entre el nivel de implementación de las prácticas científicas de ECBI por parte de los docentes y el aprendizaje de los estudiantes. Se propuso como objetivo general analizar los modos de implementación de la ECBI y su asociación con el aprendizaje de los estudiantes participantes del programa Hagamos Ciencia durante el 2019. Como objetivos específicos se propuso: identificar el nivel de implementación de la ECBI por parte de los docentes del programa Hagamos Ciencia, evaluar la relación de los diferentes criterios de implementación de ECBI observados en la práctica docente unos con otros, y analizar la asociación entre el nivel de implementación de la ECBI por parte de los maestros y el aprendizaje de sus estudiantes.

Para resolver el primer objetivo específico se analizaron los resultados tras observaciones realizadas por los mentores, se calculó el promedio del nivel de implementación de cada uno de los cinco criterios de la ECBI observados. Para responder al segundo objetivo específico se partió de los mismos datos para establecer correlaciones entre los criterios unos con otros con el fin de determinar si los docentes

que dominan cierto criterio tienden también a dominar otro. Se computaron correlaciones de Pearson que permitieron estimar la magnitud y fuerza de las relaciones. Por último, para resolver el último objetivo específico y determinar la asociación entre el nivel de implementación de ECBI y el aprendizaje de los estudiantes, se creó un modelo de regresión lineal múltiple considerando a los cinco criterios como las variables independientes y al aprendizaje de los estudiantes como la variable dependiente.

Esta tesis se divide en dos partes. En la primera parte se desarrolla el marco teórico de la investigación y se presentan investigaciones relacionadas a los temas principales: a la ECBI y a la formación docente efectiva. Se parte de describir la importancia que tiene enseñar ciencias (no solo como producto sino también como proceso) para el individuo y para la sociedad retomando aportes de agencias internacionales y de organizaciones referentes en temas de enseñanza de las ciencias.

Luego, se define la ECBI en contraste con el método tradicional de enseñar ciencias. Se inicia con un breve recorrido histórico de la concepción de la ECBI partiendo de los aportes de John Dewey hasta alcanzar la importancia que adquiere para la sociedad del conocimiento el enseñar ciencias a partir de estrategias indagatorias y el poder que tienen las preguntas para el desarrollo del conocimiento y las habilidades en los estudiantes. Este estudio se adhiere a la definición de ECBI formulada por la Red Interamericana de Academias de Ciencias (IANAS por sus siglas en inglés) y recuperada por Harlen (2013). Posteriormente se profundiza en la importancia de enseñar ciencias de manera indagatoria a partir de revisar estudios previos sobre el tema.

Luego, se presenta la importancia que tiene el desarrollo profesional docente en el aprendizaje de los estudiantes. Se expone qué es la formación docente efectiva y cómo se alcanza a partir de revisar una variedad de estudios sobre el tema. Además, se profundiza en la formación docente efectiva o de calidad en el campo específico de la enseñanza de las ciencias. Tras analizar una variedad de estudios, se identifican algunas características de diversos programas de formación que aportan a comprender su

efectividad por lograr buenos desempeños estudiantiles y cambios positivos en la práctica de los docentes.

Posteriormente se presenta el programa objeto de estudio, Hagamos Ciencia. Se parte de realizar un recorrido histórico del mismo y se presentan sus objetivos. Además se expone de qué manera el programa incorpora la ECBI y cuáles de los atributos de una formación docente efectiva se ven reflejados en la formación de los docentes del programa. Finalmente, se presenta un estudio sobre Hagamos Ciencia realizado en el 2008 como único antecedente de investigación sobre el programa.

En el último capítulo de la primera parte, se presenta el problema de investigación. Se describe la situación de la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias en Panamá tras analizar el desempeño de los niños, niñas y jóvenes panameños en las últimas pruebas internacionales en las que participaron y también en las últimas pruebas nacionales. Posteriormente se problematiza la situación de la formación docente en los países en desarrollo para entender la relevancia que adquiere este problema en el contexto panameño.

La segunda parte de esta tesis se divide en tres capítulos. En el primero, se presenta el diseño metodológico. Se exponen los objetivos y las preguntas de investigación, las hipótesis, se describe la variable dependiente y las variables independientes y se presentan sus definiciones operacionales. También se delimita la población del estudio y se expresa el tipo de análisis que se realizará para resolver cada objetivo de investigación.

En segundo lugar, se exponen los resultados por cada uno de los objetivos de investigación: se describe el nivel de implementación de la ECBI por parte de los docentes de Hagamos Ciencia, se establecen correlaciones entre los cinco criterios observados unos con otros y se determina la asociación entre el nivel de implementación de la ECBI y el aprendizaje de los estudiantes a partir de presentar el modelo de regresión lineal computado.

En el último capítulo se presentan las principales conclusiones y discusiones que se desprenden del análisis recuperando los conceptos y las relaciones entre ellos

presentados en el marco teórico. También se presentan los principales desafíos en relación a la formación de los docentes de ciencias y recomendaciones tras analizar el nivel de implementación de la ECBI en los docentes de Hagamos Ciencia.



Universidad de
San Andrés

PARTE I

CAPÍTULO 1

ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS

¿Por qué y para qué enseñar ciencias?

Pocos conceptos evocan tanta incertidumbre y prometen tanto a la condición humana como el desarrollo científico, el desarrollo tecnológico y la innovación. De hecho, se logra una comprensión más acabada de fenómenos actuales como la globalización, las crisis económicas, las guerras y la crisis climática, cuando se los coloca en relación con la ciencia y la tecnología. La ciencia es la principal fuente de conocimiento e ideas que configuran el universo que nos rodea. Sin embargo, no se trata de un proceso aislado, la ciencia como fenómeno social se encuentra ligada a opiniones, intereses y valores “quedando sus resultados al servicio de la comunidad para que ésta decida qué hacer con ellos” (García Palacios *et al*, 2001: 8). Grandes y pequeñas decisiones del ser humano y de la sociedad en conjunto están basadas en descubrimientos científicos, “nuevo conocimiento científico puede derivar en nuevas aplicaciones” (Universidad de California, 2020).

La importancia de la ciencia y la tecnología para el desarrollo de un país ha sido resaltada por organismos internacionales como la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (en adelante UNESCO, por sus siglas en inglés). Su página web afirma que el intercambio de conocimiento e información tienen un impacto muy importante en la transformación de la economía y la sociedad. Sin embargo, las políticas científicas no son suficientes, “se deben consolidar los sistemas de enseñanza en ciencia e ingeniería, y la capacidad investigadora para que los países puedan encontrar soluciones adaptadas a sus propios problemas y fortalecer su presencia internacional en los diferentes campos de la ciencia y la tecnología” (UNESCO, 2020). Yager (1984) citado por Yalvac, Tekkaya, Cakiroglu y Kahyaoglu (2007); sostiene que la educación en ciencias es una disciplina comprometida tanto con

el estudio de la relación entre ciencia y sociedad como con en el impacto que la sociedad tiene sobre la ciencia.

En el 2015 la UNESCO publicó el documento “Informe sobre ciencia: hacia 2030” que evalúa el estado del sistema de apoyo a la CTI en el mundo y analiza las tendencias emergentes. El mismo señala que las crisis de tipo ambientales y energéticas actuales requieren de conocimiento científico para ser abordadas. Incluso la búsqueda de estrategias de crecimiento económico que funcionen en contextos de crisis financiera y endeudamiento o de estrategias para sostener el bienestar económico de un país, le demanda al mundo modelos de excelencia científica. Esta gran demanda de inversión en investigación y desarrollo se evidencia en el aumento de la cantidad de investigadores en muchos países del mundo y un compromiso público con la ciencia y la investigación que está en permanente evolución. No obstante, ningún país latinoamericano alcanza la intensidad en investigación y desarrollo de las economías de mercado emergentes y dinámicas. El desafío para la región está en reducir esa brecha a partir de una mayor inversión en ciencia. De cara al 2030, la región debe encaminarse a “desarrollar un modelo de excelencia científica capaz de apuntalar el crecimiento ecológico, combinando para ello sus ventajas naturales en el ámbito de la diversidad biológica con sus puntos fuertes en materia de sistemas de conocimiento indígenas (tradicionales)” (UNESCO, 2015: 6).

Otro aspecto de importancia de la enseñanza de las ciencias, además del beneficio país-sociedad, es el beneficio a la persona. Hacia la segunda mitad del siglo XX surge el concepto de alfabetización científica en la literatura educativa. A partir de ese momento, han aparecido publicaciones caracterizándola y presentando su importancia. Hodson (2013) cita a Shen (1975) quien identificó tres categorías para la alfabetización científica. En primer lugar, la alfabetización científica práctica que refiere al “conocimiento que puede ser usado por los individuos para hacer frente a los problemas de la vida diaria (dieta, salud, preferencias de consumo, competencia tecnológica y similares)” (2013: 2). En segundo lugar, la alfabetización científica cívica la cual involucra conocimientos, habilidades, actitudes y valores necesarios para tomar decisiones en temas vinculados a las ciencias y que son de relevancia, como política energética, recursos naturales, protección del ambiente. Por último, la alfabetización

científica cultural que incluye “conocimientos sobre las principales ideas y teorías de la ciencia y del ambiente sociocultural e intelectual en el que fueron producidas” (2013: 2). Este intento por situar la ciencia en un contexto social, cultural, económico y político determinado para los estudiantes, conforma el enfoque que articula la ciencia, la tecnología y la sociedad. Uno de los pioneros del enfoque, James Gallagher (1971) afirma que:

Para futuros ciudadanos de una democracia, entender las interrelaciones entre ciencia, tecnología y sociedad puede ser tan importante como entender los conceptos y procesos de la ciencia. Una conciencia de las interrelaciones entre ciencia, tecnología y sociedad debe ser un prerrequisito de la acción inteligente en el rol de futuro votante y elector de sus representantes (Gallagher citado en Hodson, 2013: 3).

Hodson defiende una educación con énfasis en la crítica social, la clarificación de valores y la acción sociopolítica, a través de un enfoque basado en problemas. Recupera aportes de Zeidel, Sadler, Simmons y Howes (2005) para argumentar que los problemas científicos favorecen el desarrollo de hábitos mentales tales como desarrollar el escepticismo, mantener una mente abierta, pensar críticamente, reconocer que hay diversas formas de investigación, aceptar la ambigüedad, y buscar el conocimiento basado en evidencia (Hodson, 2013). Zahur, Calabrese Barton y Raj Upadhyay (2002) también defienden la idea de que el propósito de la educación en ciencias, sobre todo en contextos de pobreza, debería ser empoderar a los estudiantes e incentivarlos a un cambio social.

Según la Universidad de California (2020), entender el proceso de la ciencia puede ayudar a cualquiera a tener una mirada científica de la vida. El desarrollo de una cultura científico tecnológica permite al individuo “aproximarse y comprender la complejidad y globalidad de la realidad contemporánea, para adquirir habilidades que le permitan desenvolverse en la vida cotidiana y para relacionarse con su entorno, con el mundo del trabajo, de la producción y del estudio” (Nieda y Macedo, 1998: 19). La enseñanza de las ciencias podría estimular, entre otros aspectos, la curiosidad frente a fenómenos nuevos, el interés por el ambiente y su conservación, el cuidado del cuerpo, el desarrollo de un espíritu crítico, la flexibilidad intelectual, el rigor metódico, la

habilidad para manejar el cambio, el aprecio del trabajo en equipo y el respeto por las opiniones ajenas (Nieda y Macedo, 1998).

Son de relevancia para la academia los Estándares de Ciencia de Próxima Generación (en adelante, NGSS por sus siglas en inglés) en tanto instrumento fundamental para el avance y la mejora en la enseñanza de las ciencias, principalmente en Estados Unidos. Se trata de un compendio de contenidos, prácticas y habilidades organizados de manera coherente a través de los diferentes niveles educativos para proveer a los estudiantes una educación científica de referencia internacional. Los mismos fueron trabajados por una multiplicidad de actores, tanto educadores como científicos, lo cual los convierte en un documento de punta a nivel global. Se destacan por reflejar la importancia del desarrollo de ciertas habilidades científicas para la vida. Comprenden un enfoque integrado para la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias en tres dimensiones. En primer lugar, las ideas básicas en cuatro áreas disciplinares: ciencias físicas; ciencias de la vida; ciencias de la tierra y del espacio; e ingeniería, tecnología y aplicaciones de la ciencia. En segundo lugar, las prácticas de ciencia e ingeniería. Y, por último, las ideas transversales.

Los estándares proponen ocho prácticas que, trabajadas de manera progresiva a lo largo de los diferentes niveles educativos y, a través de metodologías que apuntan a alcanzar aprendizajes duraderos; reflejan gran parte de los beneficios que una educación en ciencias tiene para los estudiantes. Estas son: realizar preguntas y definir problemas; desarrollar y utilizar modelos; planificar y ejecutar investigaciones; analizar e interpretar información; utilizar el pensamiento matemático y computacional; construir explicaciones y diseñar soluciones; argumentar a partir de evidencias; y obtener, evaluar y comunicar información. Si bien estas prácticas son beneficiosas en el contexto del aprendizaje de la ciencia, se trata de aprendizajes que se pueden extrapolar a la vida: ayudan a que el conocimiento de los estudiantes sea más significativo y, de esa forma, lo incorporan a su cosmovisión del mundo (NRC, 2012).

Enseñar ciencias como producto y como proceso

La noción de ciencia como proceso y como producto fue el resultado de un amplio debate en torno a la definición y distinción entre la naturaleza de la ciencia y el conocimiento científico. Partiendo de la idea de que la naturaleza de la ciencia y el conocimiento científico son dos dimensiones de la alfabetización científica, Meichtry (1999) revisó la literatura relacionada con el debate. Si bien la naturaleza de la ciencia se ha utilizado para representar las mismas facetas que el conocimiento científico, varios autores han apuntado que ésta no solo incluye la naturaleza del conocimiento científico, sino también la naturaleza de la empresa científica y la naturaleza de los científicos (Cooley y Klopfer, 1963; Kimball, 1968 citados en Meichtry, 1999). Esto condujo a la diferenciación entre ciencia como proceso y como producto. En 1986, el Departamento de Instrucción de Wisconsin definió a la ciencia como:

Una actividad humana a través de la cual se pueden identificar y definir problemas y preguntas que tratan con fenómenos naturales, y se proponen y prueban soluciones. En este proceso, los datos se recopilan y analizan, y el conocimiento disponible se aplica para explicar los resultados. A través de esta actividad, los investigadores aumentan la reserva de conocimiento, ayudando así a las personas a comprender mejor su entorno. Las aplicaciones de este conocimiento también pueden provocar cambios en la sociedad y el orden cultural y pueden tener una relación directa con la calidad de vida (citado en Meichtry, 1999: 3).

En consonancia con esta idea, varios autores advierten acerca de la dificultad de que las ideas producidas por la ciencia que se enseñan en las aulas de ciencias naturales tengan sentido para los estudiantes (Gellon, Rosenvasser Feher, Furman y Golombek 2018; Harlen, 2011; Osborne, Edruran y Simon, 2014). En ocasiones, incluso pueden generar ideas confusas o en algún punto erróneas. “La educación tradicional en el aula ignora casi por completo el proceso de generación de las ideas, enfocando su atención casi exclusivamente en el producto final de la ciencia” (Gellon *et al*, 2005: 16). No han sido ellos los protagonistas del proceso, sino los científicos. Según los autores, las ideas que produce la ciencia están indisolublemente ligadas con la forma en que son producidas y “resulta muy difícil establecer una conexión acabada de los conceptos científicos fundamentales sin un entendimiento más o menos cabal de cómo se arriba a esos conceptos a través de la investigación” (2005: 14).

Furman y Podestá (2010) también destacan la importancia de dicha distinción a la hora de enseñar ciencias y proponen una analogía con las dos caras de una moneda. La primera y la que actualmente recibe un mayor énfasis en las instituciones educativas, se refiere a esos conocimientos que la humanidad ha construido a lo largo del tiempo, que son el producto de la ciencia y que explican el funcionamiento del mundo. Estos no están aislados sino que se relacionan entre sí conformando muchas de las leyes y teorías sobre el mundo que nos rodea.

En contextos en los cuales abunda la información, la enseñanza de las ciencias como producto debe enfocarse en que los estudiantes puedan otorgarle sentido a dicha información. Se trata de que puedan evaluar por qué un determinado concepto es importante, cómo se relaciona con otros, qué preguntas nuevas genera y, finalmente, que lo puedan utilizar para analizar situaciones nuevas, para resolver un determinado problema o tomar decisiones (Furman y Podestá, 2010).

La otra cara de la moneda comprende el proceso que nos lleva a obtener dicho producto. Supone una manera de conocer esa realidad a partir de “competencias relacionadas con el modo de hacer y pensar de la ciencia” (Furman y Podestá, 2010: 2), se trata de hacer ciencia poniendo en juego habilidades tales como observar, describir, comparar, formular preguntas, predecir, experimentar, argumentar, buscar fuentes de información, entre otras. Tienen un rol fundamental “la curiosidad, el pensamiento lógico, la búsqueda de evidencias, la contrastación empírica, la formulación de modelos teóricos y el debate en una comunidad que trabaja en conjunto para generar nuevo conocimiento” (2010: 1).

La enseñanza de las ciencias como proceso implica que los estudiantes realicen tareas propias del quehacer científico: observar, formular preguntas, realizar predicciones, ponerlas a prueba, diseñar observaciones y experimentos. Significa que aprendan a buscar fuentes de información, que las analicen para ampliar su conocimiento, que desarrollen argumentos y que debatan acerca de lo aprendido. Implica que, “en ese hacer, comprendan que la ciencia es una manera particular de acercarse al conocimiento del mundo, con sus reglas, sus formas de validación y su lógica propias” (Furman y Podestá, 2010: 4). Las autoras mencionan que ambas caras

de la moneda son inseparables. Dada la importancia de la ciencia y la tecnología en la participación social de los individuos, en todo proceso de alfabetización científica, los estudiantes deben aprender no solamente conceptos, sino también habilidades científicas que les permitan participar como ciudadanos críticos y responsables.

Wynne Harlen (2011), por su parte, explica los conceptos de ideas de la ciencia e ideas sobre la ciencia que tienen lugar en el proceso de enseñanza. Las primeras son las ideas científicas clave, las ideas existentes, que explican diferentes fenómenos y permiten realizar predicciones. Sin embargo, a la hora de poner a prueba diferentes hipótesis y realizar predicciones pueden surgir varios desafíos para los estudiantes, por ejemplo, puede que no controlen algunas variables que deberían ser constantes. Ahí se encuentra la importancia de guiarlos en el desarrollo de habilidades necesarias para la investigación científica, para generar ideas sobre la ciencia “que desarrollen la comprensión científica y la apreciación del significado de la actividad científica” (2011: 37).

La autora afirma que, en un mundo en que el conocimiento científico y la tecnología cambian aceleradamente no basta con acumular el conocimiento de hechos. Las ideas sobre la ciencia deben incluirse en la enseñanza al igual que las ideas de la ciencia. El camino hacia las ideas científicas, implica la capacidad de “recolectar, analizar e interpretar información, para proporcionar pruebas y del papel de las pruebas en llegar a explicaciones científicas” (Harlen, 2011: 38). Según Harlen, la mejor forma de entender cómo funciona la ciencia es haciéndola, que los estudiantes realicen indagaciones científicas en las que deben decidir el camino para responder una pregunta, con qué datos y discutir posibles explicaciones para luego reflexionar críticamente sobre los procesos. Por lo anterior, el desarrollo de habilidades y actitudes científicas según la autora deberían formar parte de cualquier plan de enseñanza de las ciencias. En cuanto a las habilidades, Harlen (2011) menciona el formular hipótesis, plantear hipótesis, hacer predicciones, llevar adelante observaciones y mediciones para reunir datos, interpretar los datos, sacar conclusiones, reflexionar sobre ellas y comunicarlas. Entre las actitudes, la autora resalta “tener la mente abierta al recolectar e

interpretar datos, estar preparado para cambiar o modificar ideas a la luz de nuevas pruebas y comportarse responsablemente al llevar a cabo investigaciones” (2011: 41).

La literatura sobre el tema también ha evidenciado ciertos desafíos relacionados con la idea de que los estudiantes experimenten el hacer ciencia como pequeños científicos y a la enseñanza de la ciencia desde un enfoque constructivista. Keeley y Eberle (2008 citados en Khalaf y Zin, 2018) afirman que experimentar la ciencia desde este enfoque requiere de esfuerzo por parte de los estudiantes para comprender el enfoque o la manera en la que aprenderán. Esto representa un obstáculo para muchos docentes que todavía se esfuerzan por construir su propia comprensión acerca de lo que realmente significa la ciencia como investigación.

Además de ser necesario que comprendan la manera de aprender, en el proceso deben poner en juego habilidades de pensamiento que son complejas y que llevan tiempo para desarrollarse. Muchas de las tareas del quehacer del científico pueden resultar desafiantes para los estudiantes. Barron y Darling Hammond (2010) revisaron investigaciones que evidencian que cuando los estudiantes carecen de experiencias previas en este modelo de aprendizaje, puede ser desafiante para ellos darle un sentido al proceso de investigación (Edelson, Gordon y Pea, 1999), pueden enfrentarse a dificultades para generar preguntas significativas, y pueden tener dificultades para desarrollar argumentos lógicos y evidencia para respaldar sus afirmaciones (Krajcik *et al*, 1998). Rowe (2006) por su parte afirma:

el problema surge cuando las actividades de aprendizaje constructivistas preceden a la enseñanza explícita, o la reemplazan, con el supuesto de que los estudiantes tienen los conocimientos y las habilidades adecuados para participar de manera eficiente y efectiva en actividades de aprendizaje constructivistas diseñadas para generar nuevos aprendizajes (traducción propia de Rowe, 2006: 14).

En síntesis, según los autores más críticos de la idea de colocar a los estudiantes en el rol de pequeños científicos, resulta difícil asumir con seguridad que los estudiantes podrán alcanzar los mismos niveles de pensamiento que los profesionales de la disciplina científica o que posean los conocimientos previos necesarios para construir sus propios conocimientos de manera más o menos independiente.

CAPÍTULO 2

LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS BASADA EN LA INDAGACIÓN

Enseñar ciencias por medio de la indagación

La enseñanza de las ciencias por medio de la indagación y la relación que esta metodología tiene en el aprendizaje fue arduamente estudiada en el campo de la educación en ciencias. En el 2012 la Red Interamericana de Academias de Ciencias (IANAS por sus siglas en inglés) afirmaba:

ECBI significa que los estudiantes desarrollan progresivamente ideas científicas claves mientras aprenden a investigar, y construyen su conocimiento y comprensión del mundo que los rodea. Ellos utilizan habilidades empleadas por los científicos tales como hacer preguntas, recoger datos, razonar y revisar evidencia a la luz de lo que ya se conoce, extraer conclusiones y discutir los resultados. Este proceso de aprendizaje está apoyado por una pedagogía basada en la indagación (IANAS, 2012 citado en Harlen, 2013: 13).

A pesar de que existe un gran consenso en las academias de ciencias respecto a la importancia de enseñar ciencias basada en la indagación, varios autores han enfatizado que la ciencia escolar todavía está centrada simplemente en llevar a cabo una enseñanza activa y en el enfoque de los textos escolares, los cuales se encuentran bastante desconectados de un contexto relevante (Duschl, 2008 citado en Tan y Wong, 2012). Duschl argumenta que en este tipo de clases de ciencias “existen pocas conexiones significativas con los contextos relevantes para facilitar el desarrollo del conocimiento conceptual; no se hace hincapié en cómo sabemos lo que sabemos ni en por qué confiamos en el conocimiento presentado” (traducción propia de Tan y Wong, 2012: 200). Retomando la idea de la ciencia como proceso y como producto, enseñar ciencias a través de libros de textos o mediante actividades prácticas desconectadas de su propósito lleva a los estudiantes a conocer solamente el producto final de la misma.

Es posible definir la ECBI, en tanto metodología de aprendizaje por experiencias, en contraste con la enseñanza directa, asociada más bien a un modelo tradicional de enseñanza de la ciencia. Existe en la academia cierto consenso acerca de determinados elementos que caracterizan al modelo tradicional de enseñanza de las

ciencias. Ruiz (2007) estudió los diferentes modelos didácticos en la materia. En lo que refiere a la concepción de la ciencia en el enfoque de transmisión, se la entiende como un cuerpo de conocimientos alejados de su contexto de desarrollo. Se trata de un área estática, en la cual el conocimiento transmitido “sería una especie de selección divulgativa de lo producido por la investigación científica, plasmado en los manuales” (García Pérez, 2000: 1). Respecto al estudiante, es considerado un receptor de contenidos, “aprende lo que los científicos saben sobre la naturaleza y se apropia formalmente de los conocimientos, a través de un proceso de captación, atención, retención y fijación de su contenido” (Kaufman, 2000 citado en Ruiz, 2007: 44). Sus intereses o particularidades rara vez ocupan un lugar importante en el proceso. Por último, el docente expone las grandes ideas de la ciencia desde la explicación rigurosa y espera que los estudiantes apliquen el conocimiento en la resolución de diferentes actividades y problemas (Ruiz, 2007).

A inicios de 1900, John Dewey, padre fundador del aprendizaje por experiencias, fue uno de los primeros en cuestionar que únicamente se enseñaran contenidos de ciencias y que la metodología no estuviera encaminada al desarrollo del pensamiento científico y la actitud mental de los estudiantes. En 1910 resaltó la importancia de enseñar ciencias a través de la indagación. De esta forma, los estudiantes ocupan un rol activo y participante en el proceso de crear conocimiento, y el maestro el rol de guía (Barrow, 2006).

En 1966, Schwab abogaba por el desarrollo de la capacidad de los estudiantes de revisar y profundizar en cualquier nuevo descubrimiento científico y defendía la idea de enseñar ciencias de la misma manera en la que la ciencia opera (Barrow, 2006). Schwab opinaba que los docentes debían promover que sus estudiantes trabajen en el laboratorio antes de introducir conceptos o principios, y no después. De esta forma, podrían construir sus propias explicaciones (NRC, 1996). Al mismo tiempo, analizar estudios científicos permitiría que “los estudiantes desarrollan una comprensión de lo que constituye el conocimiento científico y cómo se produce el conocimiento científico” (NRC, 1996: 16). Estas nuevas propuestas relacionadas a la enseñanza de las ciencias como un proceso de indagación en sí mismo y la indagación como una habilidad científica, fueron dejando su huella en los diseños curriculares a lo largo de los años 50,

60 y 70 (NRC, 1996). En 1996, el *National Research Council* de Estados Unidos (en adelante, NRC por sus siglas en inglés) publicó los *National Science Education Standards*. El documento situaba a la indagación como la pauta de la educación en ciencias y no tardó en expandirse al continente europeo (Garritz, 2010).

Si bien la literatura que respalda la importancia de enseñar y aprender de manera experiencial es de larga data, en el siglo XXI estas ideas resurgieron con mayor fuerza. Una gran cantidad de trabajos de investigación en las ciencias relacionadas al aprendizaje apoyan una visión basada en la indagación para la educación de este siglo (Bransford, Brown & Cocking, 2000; OCDE, 2008; Sawyer, 2006; Davis, *et al*, 2008; WNCP, 2011 citados en Friesen y Scott, 2013). Según Friesen y Scott (traducción propia, 2013: 12) “la comprensión profunda proviene de estar inmerso en un tema durante un largo período de tiempo”. En esta línea, intentar cubrir muchos contenidos no colabora a que los estudiantes desarrollen competencias, porque no hay tiempo suficiente para aprender nada en profundidad. Este cuerpo de literatura recopilado por los autores también respalda la idea de que para que ocurra un verdadero aprendizaje, los estudiantes deben participar de manera activa. Los docentes, por su parte, diseñan experiencias de aprendizaje en torno a un problema o pregunta profunda y guían de manera estructurada el aprendizaje de los estudiantes (Friesen y Scott, 2013). Según los autores, es aquí donde la indagación se diferencia del aprendizaje por descubrimiento en donde la guía del docente es mínima. En dichas experiencias, el docente les pide a los estudiantes:

que observen y cuestionen fenómenos; plantear explicaciones de lo que observan; idear y realizar experimentos en los que se recopilen datos para apoyar o contradecir sus teorías; analizar datos; sacar conclusiones de datos experimentales; diseñar y construir modelos; o cualquier combinación de estos (traducción propia de Hattie, 2009: 208 citado en Friesen y Scott, 2013).

En el 2010, Friesen realizó un estudio que buscaba determinar si el rendimiento de un grupo de 12.800 estudiantes de 26 escuelas primarias y secundarias cuyo modelo de enseñanza estaba basado en la indagación era significativamente mayor que el rendimiento del resto de los estudiantes que participaron de pruebas estandarizadas en el distrito escolar de Alberta. La autora encontró que los puntajes de rendimiento totales

de los estudiantes en las escuelas que trabajaban por indagación excedían significativamente las normas provinciales en las pruebas de rendimiento (Friesen, 2010).

El NRC (2000) menciona cinco componentes de las investigaciones: preguntas, evidencias, explicación, conexiones y comunicación. Estos pretenden facilitar la adquisición del conocimiento científico, suponen el desarrollo de habilidades y actitudes científicas entre los estudiantes, y provocan la indagación acerca de las relaciones que se producen entre sus observaciones y los acontecimientos. En síntesis, la indagación puede ser definida como contenido de la ciencia, pero a la vez una forma de enseñar ciencias: “la indagación se refiere a los métodos y actividades que conducen al desarrollo del conocimiento científico” (Tan y Wong, 2012: 199).

La indagación, en tanto metodología de enseñanza experiencial, favorece el desarrollo de las prácticas científicas presentadas por primera vez por el NRC (2012) en su propuesta de Marco de Referencia para la educación en Ciencias e Ingeniería, y retomadas en los NGSS (2014). Según el marco, el término prácticas se utiliza en lugar de habilidades "para enfatizar que participar en la investigación científica requiere la coordinación de conocimientos y habilidades simultáneamente" (traducción propia de NRC, 2012: 41). Esta idea cambia el foco en la acumulación de conocimiento a la construcción y aplicación de conocimiento en contexto, “con la intención de hacer visibles a los estudiantes los aspectos diversos, cotidianos y performativos de la investigación que comprenden la empresa del descubrimiento científico” (traducción propia de Walsh y McGowan, 2017: 21). Anteriormente estas prácticas se mencionaron de manera sintética, sin embargo, resulta oportuno profundizar en aquellas a las que el programa Hagamos Ciencia le otorga mayor relevancia, sobre las cuales se recolectaron datos y que forman parte del análisis de esta tesis.

En primer lugar, esta tesis analiza la práctica de formular preguntas y realizar predicciones. Según Roca Tort (2005), las preguntas son importantes en el proceso de construcción de las ideas y modelos científicos porque son las que concretan el objetivo de la investigación. La autora advierte que no todas las preguntas contribuyen del mismo modo al aprendizaje: “en muchas ocasiones se plantean preguntas cerradas, que

los alumnos sólo pueden responder con una o más palabras, sin necesidad de elaborar o implicar una teoría o modelo” (Roca Tort, 2005: 73). Roca Tort, Márquez y Sanmartí (2013) llevaron a cabo un estudio en dos aulas de secundaria en escuelas del área metropolitana de Barcelona. El mismo se propuso estudiar las preguntas que realizaban los estudiantes en una unidad de ciencias destinada a trabajar el ciclo del agua. A lo largo de la unidad, los estudiantes produjeron una serie de escritos en donde se les pidió que piensen tanto en preguntas que están detrás de respuestas que se conocen, como en nuevos interrogantes que se pueden plantear al tomar conciencia de situaciones problemáticas actuales relacionadas con el ciclo del agua. Al analizar los escritos, las autoras concluyeron que, prácticamente en todos los casos, los estudiantes plantearon preguntas que implican describir o realizar una explicación causal. Sin embargo, casi ningún estudiante planteó preguntas que requieran comprobar, evaluar u opinar. Las autoras explican que es posible que esto suceda dado que en la cotidianidad, preguntar se relaciona con solicitar información a través de interrogantes como qué, cómo, cuándo, dónde y por qué. Sin embargo, “las preguntas que requieren obtener pruebas para validar los posibles «qué, cómo, cuándo, dónde y por qué» dados, que se asociarían al pensamiento crítico, no se dan ni en el contexto cotidiano ni en el escolar” (Roca Tort *et al*, 2013: 111).

Las preguntas cobran sentido como práctica científica cuando se trata de interrogantes profundos que permiten a los estudiantes realizar predicciones y poner en práctica el pensamiento crítico. Según Roca, son aquellos que se plantearon a lo largo de la historia y estuvieron en el inicio de la elaboración de las teorías. Plantear este tipo de preguntas en clase “puede acercar al alumnado a una visión de la ciencia como una actividad que pretende dar respuesta a los problemas que la realidad plantea” (Roca Tort, 2005: 74). Márquez Bargalló y Roca Tort (2006) afirman que para sumergir a los estudiantes en la cultura científica es necesario incentivarlos a hacerse preguntas a lo largo de todo el proceso de enseñanza-aprendizaje y, sobre todo, a distinguir cuáles son las interesantes.

Por su parte, Benedict-Chambers, Kademian, Davis y Palincsar (2017), destacan un aspecto muy importante de la práctica de formular preguntas que tiene relevancia para la vida y para el propio proceso de aprendizaje de los estudiantes. Sostienen que las

preguntas estimulan el pensamiento crítico y llevan a los estudiantes al desarrollo de habilidades de pensamiento sofisticadas.

En segundo lugar, esta tesis también se enfoca en las prácticas de observar, recolectar, registrar y sistematizar datos. Estas implican usar una variedad de herramientas para tabular, representar de manera gráfica, visualizar y analizar estadísticamente datos e interpretarlos a partir de la identificación de características significativas y patrones (NGSS, 2014). En el libro “Principios y grandes ideas de la educación en ciencias” editado por Harlen (2010) se destaca la idea de que cualquier afirmación sobre la explicación de un evento o condición en particular debe estar basada en una evidencia que la soporte. “Observaciones cuidadosas y sistemáticas, y una descripción precisa de lo que se observa son fundamentales para la investigación científica” (2010: 43).

En tercer lugar, la práctica de construir explicaciones es de relevancia en este estudio. Se trata de construir explicaciones a la relación entre una o más variables con otra variable o conjunto de variables (NGSS, 2014). “El objetivo de la ciencia es la construcción de teorías que brinden explicaciones del mundo. Una teoría se acepta cuando tiene múltiples líneas de evidencia empírica y un mayor poder explicativo de los fenómenos que las teorías anteriores” (traducción propia de NRC, 2012: 52). Según Krajcik, Codere, Dahsah, Bayer y Mun (2014) esta práctica también implica demostrar una cadena de razonamientos hasta llegar a explicaciones basadas en evidencias que sostienen ideas.

Por último, la discusión de ideas es otra de las prácticas científicas que cobra mayor relevancia en el contexto de esta tesis. Esta práctica pone en juego el razonamiento, la formulación y la comunicación de argumentos basados en evidencia para elaborar la mejor explicación de un fenómeno natural (NGSS, 2014). Según Suppe (1998 citado en Osborne *et al*, 2004) la argumentación es la coordinación de la evidencia y la teoría para apoyar o refutar una conclusión

Ahora bien, al final del capítulo anterior se mencionaron algunos inconvenientes que la enseñanza de la ciencia como proceso e involucrando a los estudiantes como pequeños científicos, puede traer para ellos. Resulta oportuno mencionar algunos de los

desafíos que implica particularmente para el docente el enseñar ciencia basada en la indagación y promover las prácticas científicas mencionadas anteriormente. Para profundizar en esta idea resulta interesante retomar los aportes de Meinardi *et al* (2002) en torno al concepto de ciencia escolar. Según Izquierdo *et al* (1999 citado en Meinardi *et al*, 2002: 15), “la ciencia escolar se define como una transposición didáctica del conocimiento científico erudito, realizada de modo tal que posibilite a los alumnos acceder a un aprendizaje que les resulte significativo, que sea cercano a su realidad”. Esta transposición implica que el docente tenga que tomar decisiones en cuanto a qué enseñar y cómo organizar y distribuir los conocimientos o prácticas que se enseñarán. Por lo tanto, este proceso origina cierta autonomía de la ciencia que circula por las aulas respecto de la de los científicos (Meinardi *et al*, 2002). Esta distancia entre la ciencia escolar y la ciencia erudita podría dificultar el diseñar experiencias de aprendizaje auténticas que permitan guiar el aprendizaje de los estudiantes para modelar el quehacer de los científicos.

Por otro lado, Meinardi *et al* (2002) también mencionan que la comunicación entre docentes y estudiantes en clases de ciencias puede ser desafiante. El lenguaje científico del docente que busca enseñar por medio de la indagación puede verse alejado del lenguaje cotidiano de los estudiantes. Esta podría ocasionar que algunos temas o prácticas carezcan de sentido para los estudiantes y otros desencuentros en la clase. En este sentido, la intención del modelo de ciencia escolar es que “los alumnos construyan conceptos y procedimientos científicos acercando los modelos, metodologías y lenguaje del sentido común a aquellos propios de la ciencia erudita” (Meinardi *et al* 2002: 20). Así, la ciencia escolar propicia la selección de contenidos a partir de grandes temas estructurantes o modelos irreductibles (Izquierdo, 2001). Desde esta perspectiva, los programas de ECBI, como aquel estudiando en esta tesis, representan un reto excepcional, e incluso, quizás poco recomendable, para los docentes, con bajas expectativas de resultados de implementación docente y aprendizaje en los estudiantes.

Estudios sobre la relación de la ECBI con el aprendizaje de los estudiantes y con la práctica docente

Al revisar la literatura relacionada al tema de investigación de esta tesis es posible encontrar estudios previos sobre la relación que tiene la ECBI con el aprendizaje de los estudiantes. Existe evidencia considerable de que la instrucción basada en la indagación afecta positivamente diferentes aspectos involucrados en la enseñanza de las ciencias: la comprensión conceptual, el desarrollo de habilidades implicadas en el proceso científico, el pensamiento crítico y las actitudes hacia las ciencias (Anderson, 2002; Schroeder, Scott, Tolson, Huang, y Lee, 2007; Minner, Levy, y Century, 2010; Furtak, Seidel, Iverson, y Briggs, 2012).

Minner *et al* (2010) realizaron un metanálisis con el objetivo de responder a la pregunta acerca de cuál es el impacto de la enseñanza de las ciencias basada en la indagación en el aprendizaje de estudiantes desde nivel inicial a secundario. El análisis de 138 estudios en el campo realizados entre 1984 y 2002 indicó una tendencia clara y positiva que favorece las prácticas de instrucción basadas en la indagación, particularmente la instrucción que enfatiza el pensamiento activo del alumno y el sacar conclusiones de los datos. Identificaron que las estrategias de enseñanza que involucran activamente a los estudiantes en el proceso de aprendizaje a través de investigaciones científicas tienen más probabilidades de aumentar la comprensión conceptual y que las estrategias más pasivas suelen ser beneficiosas en entornos en los que los exámenes estandarizados tienen gran peso.

Otro grupo de investigadores (Furtak *et al*, 2012), revisó 37 estudios experimentales y cuasi-experimentales acerca del efecto de la ECBI en el aprendizaje de los estudiantes publicados entre 1996 y 2006. Los resultados indicaron un efecto positivo de la ECBI en el aprendizaje de las ciencias de los estudiantes. También destacaron lo importante que es el rol del docente a la hora de guiar a los estudiantes en las actividades bajo el enfoque de la indagación.

Por su parte, Ruiz-Primo y Furtak (2006) investigaron acerca del impacto que tiene la indagación en el aprendizaje de los estudiantes de cuatro docentes de ciencias

de secundaria en Estados Unidos. Más precisamente, analizaron una herramienta clave de la ECBI: las conversaciones y discusiones entre los docentes y los estudiantes, utilizadas como evaluaciones formativas informales. A los estudiantes se les aplicó un *pre test* y un *post test*. Tras analizar videos de clases, las investigadoras concluyeron que aquellos estudiantes que obtuvieron mejores resultados en el *post test*, pasaron por docentes en cuyas clases fueron más evidentes las instancias de debate y conversación. También en Estados Unidos, Marx *et al*, (2004) han demostrado que, en un grupo de escuelas públicas de Detroit, el desempeño de los estudiantes de nivel medio que participaron durante meses en unidades de ciencias dictadas utilizando la estrategia indagatoria, han obtenido mejores resultados en pruebas basadas en el currículum que el grupo control. La diferencia fue estadísticamente significativa, e incluso, fue creciendo a lo largo del tiempo.

Dentro de la bibliografía latinoamericana, se encuentra el trabajo de Di Mauro y Furman (2012) quienes en 2012 presentaron los resultados de un estudio cuasi experimental en el cual analizaron el impacto de una secuencia de indagación guiada en el aprendizaje de alumnos de 4º grado de una escuela pública primaria de Buenos Aires. Un grupo experimental trabajó con la unidad de indagación guiada, mientras que un grupo control no alteró su forma de trabajar. Los resultados mostraron un avance significativo en el desempeño de habilidades científicas específicas de diseño de experimentos relacionados con situaciones cotidianas en los alumnos del grupo experimental.

Otros estudios han encontrado evidencia de impacto positivo en las prácticas y creencias de los docentes capacitados en ECBI (Akerson, Hanson y Cullen, 2007; Blanchard, Southerland y Granger, 2009; Lumpe, Czerniak, Haney y Beltyukova, 2012). Enfocándose en el proceso de seguimiento al docente de ciencias, Jeonghee, Eulsun y Go (2013) estudiaron el impacto que tiene un programa colaborativo de mentoría en la metodología de enseñanza basada en indagación de docentes de ciencias principiantes en Corea del Sur. Los resultados mostraron que el mismo “alentó a los docentes principiantes a reflexionar sobre sus propias percepciones y prácticas de enseñanza en términos de la enseñanza de las ciencias basada en la indagación, lo que llevó a cambios en su práctica” (traducción propia de Joenghee *et al*, 2013: 815). Los

cambios se manifestaron en el diseño y la implementación de clases orientadas a la indagación; en incentivar a los estudiantes a realizar predicciones, realizar hipótesis, a reflexionar sobre su aprendizaje; y en crear una cultura de aula donde predomina la comunicación de ideas. Los autores también adjudicaron dicho impacto a las interacciones colaborativas producidas entre mentores y docentes principiantes durante el proceso de mentoría.

Akerson *et al* (2007), por su parte, encontraron estrecha relación entre la participación en un programa de formación docente sobre ECBI y las percepciones de los docentes sobre la naturaleza de la ciencia. Por medio del análisis de grabaciones del taller, las investigadoras rastrearon los cambios en las percepciones antes y después de la participación de los docentes en un programa de formación de verano. En un primer momento identificaron que la terminología esperada para definir ciencia estaba ausente (observación e inferencia) o el concepto estaba confundido por otro término. Luego de transitar el programa de formación, notaron que los docentes comenzaron a ver y definir ciencia desde una perspectiva indagatoria, caracterizándola como un proceso que es iterativo. También comenzaron a otorgarle importancia a la evidencia.

Donoso, Meisel, Bermeo y Patiño Garzón (2011) aportaron al contexto latinoamericano con un estudio sobre el impacto del programa Pequeños Científicos en Colombia y la formación en ECBI de un grupo de 27 docentes. Realizaron entrevistas a los docentes y a sus formadores, quienes también fueron encargados de su seguimiento. En las mismas, se identificaron como aspectos de transformación en la manera de enseñar de los docentes: el hecho de haber mejorado sus planificaciones, organizar sus clases en diferentes momentos (apertura, predicción, experimentación, socialización y conclusiones), generar un ambiente de clase propicio, aplicar nuevas formas de interacción entre los estudiantes, promover algunas habilidades sociales y construir redes de trabajo en las instituciones educativas.

En Perú, Vadillo Carrasco (2015) llevó a cabo un estudio de caso con el objetivo de determinar, desde la percepción de los docentes, cómo aplican la metodología ECBI en la enseñanza de las áreas de ciencia, tecnología y ambiente, e identificar las fortalezas y debilidades de los docentes en el diseño y desarrollo de las experiencias de

aprendizaje basadas en esta metodología. Entre los hallazgos, los docentes han identificado que lograron “dar un giro al papel del docente tradicional, ya que, a decir de ellos, se han convertido en guías y asesores” (2015: 3). Además, manifestaron que la ECBI les permitió adquirir experiencia en la planificación de sus clases, en la elaboración de las actividades, en la priorización de los temas actuales, y en la utilización de recursos y materiales en el contexto del lugar donde se ubican.



Universidad de
San Andrés

CAPÍTULO 3

FORMACIÓN DOCENTE EFECTIVA

Como se mencionó anteriormente, variadas investigaciones en el campo educativo han demostrado que la variable con un mayor impacto en el aprendizaje de los estudiantes son los docentes (Bell, Bolam, y Cubillo, 2003 citados en De León, 2017; Hattie, 2003; Borko, 2004). También, que muchos de los docentes no dominan con seguridad gran parte de los contenidos que deben enseñar (Valverde y Näslund-Hadley, 2011). En consonancia a estas ideas, otro de los factores que podría explicar la problemática que reflejan los problemas vinculados a la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias (que sin duda está fuertemente relacionado al foco en la ciencia como producto y a la falta de sentido de las grandes ideas de la ciencia para los estudiantes que esto conlleva) es la carencia de una formación docente efectiva.

El desarrollo profesional docente es mencionado por algunos autores como una variable significativa en el establecimiento de prácticas de aula y en el impacto en el aprendizaje de los estudiantes (Borko, 2004; Desimone, Smith, Hayes, y Frisvold, 2005; Desimone, Smith y Frisvold, 2007). Es considerado un mecanismo esencial para profundizar en el conocimiento y el manejo de los contenidos por parte de los docentes, así como el desarrollo de prácticas efectivas.

Tras analizar algunos estudios en el campo, Garet, Porter, Desimone, Birman y Yoon (2001) delimitan las características de una formación de alta calidad y buenas prácticas de formación. Destacan el de Hiebert (1999) quien realizó una revisión de literatura y concluyó que “altos estándares de calidad, el foco en el contenido y oportunidades de aprendizaje en profundidad para los docentes” eran componentes clave en los procesos de formación en la enseñanza de matemática específicamente (traducción propia de Garet *et al*, 2001: 917). Los autores también resaltan que hay algunos indicios de que el desarrollo profesional que se centra en contenido específico de matemática y ciencias, por ejemplo, y la manera en que los estudiantes aprenden dicho contenido es especialmente útil cuando la intención es mejorar la comprensión

conceptual de los estudiantes (Cohen y Hill, 1998; Fennema, Carpenter, Franke, Levi, Jacobs y Empson, 1996 citados en Garet *et al*, 2001).

¿Cómo se logra y cómo se mide la formación docente efectiva?

Es extensa la bibliografía que estudia la efectividad o la calidad de diversos programas de formación docente (Hiebert, 1999; Garet *et al*, 2001; Penuel, Fishman, Yamaguchi y Lawrence, 2007; Banilower, Boyd, Pasley y Weiss, 2006). Asimismo, la efectividad docente no se alcanza recorriendo el mismo camino en todas las áreas del conocimiento (Garet *et al*, 2001). Sin embargo, es posible identificar en diferentes investigaciones algunas prácticas de formación continua que indican un mayor impacto en la efectividad docente en tanto implican cambios en la forma de enseñar, cambios actitudinales o el desarrollo de determinados contenidos y/o habilidades en los mismos docentes.

A inicios de los años 80, Joyce y Showers (1982) estudiaron la importancia del *coaching* o seguimiento a los docentes como práctica de formación continua en la aplicación e integración de nuevas habilidades de enseñanza. Los autores sostienen que “desafortunadamente, el desarrollo de habilidades por sí mismo no garantiza su transmisión” (traducción propia, 1982: 5). Al mismo tiempo, identificaron cuatro componentes en el proceso de formación efectiva y afirman que cada uno de ellos va creciendo en su nivel de impacto respecto a la adquisición y transmisión de habilidades a los estudiantes. En primer lugar, la presentación de la teoría que por sí misma puede favorecer el dominio conceptual o crear conciencia; en segundo lugar, el modelar o demostrar; en tercer lugar, la práctica bajo condiciones simuladas (es decir, en un grupo que no requiere el dominio de una clase grande), y en cuarto lugar la realimentación; por último, y con un mayor impacto en prácticas docentes efectivas, el seguimiento a los docentes. Cuando a la formación teórica, a la observación de demostraciones y a la oportunidad de practicar y recibir realimentación, se le agrega el componente del seguimiento de un profesional, el cambio en la manera de enseñar resulta más efectivo. Hacia 1996, los autores profundizaron en el seguimiento entre pares como otra estrategia de formación docente efectiva, el cual no necesariamente debe enfocarse en

realimentaciones verbales, sino que debe estar orientado a planificar y desarrollar el currículo de manera conjunta y con un horizonte común.

En 1986, Shulman (citado en Demirdögen, 2016) enfatizó en la importancia de desarrollar conocimientos sobre el contenido pedagógico en los docentes (PCK, por sus siglas en inglés): una base de conocimientos que le permita a los docentes hacer que los conceptos sean comprensible para los estudiantes. Su aporte es fundacional, en el sentido que invitó a muchos investigadores a profundizar en los componentes de este tipo de conocimientos y en diferentes modelos para desarrollarlos en los docentes. Según Shulman, el fortalecimiento de los conocimientos sobre el contenido pedagógico es de suma importancia para mejorar la calidad de la enseñanza. Berry *et al* (2008) afirman que el PCK se ha convertido en una construcción académica aceptada. Se cree que una base de PCK es la unión de la pedagogía del maestro con la comprensión del contenido. Influye no solo en la manera de enseñar, sino también en la obtención de mayores aprendizajes por parte de los estudiantes.

Por su parte Borko (2004), citada por Ávalos (2007), amplía la lista de prácticas que tienen un impacto en el aprendizaje y la manera de enseñar de los docentes. La autora indica que “los mejores resultados se obtienen con actividades de desarrollo profesional focalizadas explícitamente en los contenidos de enseñanza, en mejorar la comprensión conceptual de los profesores y en ayudarlos a entender la naturaleza de la disciplina, sus conexiones y el modo como progresa” (2007: 84). Otro tipo de prácticas con buenos resultados son las comunidades de aprendizaje, que se caracterizan por el intercambio de experiencias y el trabajo colaborativo entre diferentes maestros (Borko, 2004 citado en Ávalos, 2007). Al igual que Borko, Blank, de las Alas y Smith (2008), tras analizar 25 programas de formación docente concluyeron que aquellos que demostraron un impacto positivo en el aprendizaje de los estudiantes tenían el foco puesto en ampliar el conocimiento de los contenidos pedagógicos. Adicionalmente, dedicaban 50 horas o más de desarrollo profesional y ofrecían un seguimiento continuo a los docentes.

Otro estudio de relevancia en el campo de la formación docente es el de Garet *et al* (2001 citados en Ávalos, 2007). El mismo muestra que “la participación colectiva de

grupos de profesores de la misma escuela, disciplina, o grado está relacionada con la coherencia y con oportunidades de aprendizaje activo, los que a su vez impactan en el mejoramiento de los conocimientos y desempeño de los alumnos” (2007: 86). El estudio de Ingvarson, Meiers y Beavis (2005), complementa el tema enfatizando que el seguimiento a la práctica docente tiene una relación importante con los cambios en su desempeño; ha identificado que los maestros consideran que su desempeño ha mejorado en la medida que recibieron acompañamiento en su desarrollo profesional (Ávalos, 2007).

Por último, Darling Hammond *et al* (2009) introducen otra característica del desarrollo profesional docente que puede significar mayores aprendizajes por parte de los estudiantes. Los autores mencionan la importancia de la duración en el tiempo de programas de formación continua. Al evaluar el desarrollo profesional de docentes de Estados Unidos, advierten que otras naciones que superan a los Estados Unidos en evaluaciones internacionales invierten recursos y tiempo en “el desarrollo continuo y sostenido de los docentes y la colaboración en las horas de trabajo de los docentes” (traducción propia de Darling Hammond *et al*, 2009: 6).

Tabla 1. Aspectos de la formación docente que resultan más efectivos según los hallazgos de los diferentes autores.

Aspectos efectivos del desarrollo profesional docente	Estudios
Formación teórica centrada en mejorar el conocimiento del contenido por parte de los docentes.	Joyce y Showers (1982) Hiebert (1999) Garet <i>et al</i> (2001) Borko (2004) Blank, de las Alas y Smith (2008)
Formación centrada en PCK (conocimientos pedagógicos sobre el contenido).	Shulman (1986) Garet <i>et al</i> (2001)
Oportunidades de aprendizaje activo para los docentes.	Hiebert (1999) Garet <i>et al</i> (2001)
Formación con modelaje y demostraciones.	Joyce y Showers (1982)

Seguimiento de un profesional a lo largo del tiempo.	Joyce y Showers (1982) Ingvarson, Meiers y Beavis (2005) Blank, de las Alas y Smith (2008)
Seguimiento entre pares.	Joyce y Showers (1996)
Participación colaborativa de grupos de docentes de una misma escuela.	Garet <i>et al</i> (2001) Darling Hammond <i>et al</i> (2009)
Comunidades de aprendizaje.	Borko (2004)
Son continuos, perduran en el tiempo.	Ávalos (2007) Blank, de las Alas y Smith (2008) Darling Hammond <i>et al</i> (2009)

En resumen y como se expone en la Tabla 1, la mayoría de los autores recuperados para abordar los hallazgos en torno al desarrollo profesional docente efectivo concuerdan en que una formación centrada en mejorar el conocimiento del contenido que enseñan los docentes y los conocimientos pedagógicos relacionados a su enseñanza resulta un aspecto con bastante influencia en la efectividad de los programas de formación. Por otro lado, varios autores coinciden en que el seguimiento de un profesional hacia el docente a lo largo del tiempo, la participación en programas de formación que perduren en el tiempo y el brindar oportunidades de aprendizaje activas para los docentes son aspectos de la formación docente beneficiosos para alcanzar prácticas efectivas. En menor medida, los autores mencionaron otras variables tales como la observación de demostraciones, el seguimiento entre pares y las comunidades de aprendizaje.

Respecto a cómo medir la efectividad en la formación docente, Hunt (2009) recopila varios estudios y, junto con ellos, diferentes formas de medir el impacto que tiene la formación docente efectiva. La misma puede medirse de manera indirecta a partir de las calificaciones de sus estudiantes o a partir de estudios etnográficos o de observaciones de aula que permitan identificar cambios actitudinales de los docentes, el

dominio de conceptos y habilidades y el clima de aula, entre otras variables. Hunt menciona que el medir la efectividad docente a partir del aprendizaje de los estudiantes no trajo, al momento, ideas contundentes, lo cual abre a la necesidad de desarrollar estudios de este tipo. No obstante esto, la autora destaca los hallazgos de los pocos estudios que han adoptado esta metodología. Entre ellos el de Hanushek (1992), quien encontró que estudiantes con un docente de muy alta calidad alcanzaba mejoras mayores que aquellos con un docente de baja calidad. Wenglinsky (2002 citado en Hunt, 2009) se encontró con que el logro estudiantil estaba influenciado tanto por la formación inicial del docente como por los cursos hechos durante su desarrollo profesional.

Trasladándose al contexto latinoamericano, Ávalos (2007) advierte acerca de la dificultad de los países para alcanzar programas de formación docente continua efectivos. Tras recoger evidencia de estudios sobre buenas experiencias de capacitación continua, la autora afirma que los programas han sido orientados en su mayoría a lograr una actualización curricular o pedagógica, a un desarrollo profesional que mejore las prácticas de aula y a generar cambios en los docentes según intenciones de programas específicos de reforma o necesidades puntuales de los mismos. Ávalos sostiene que “a pesar del valor potencial de los programas, en su implementación en la región se constatan distintos tipos de problemas que impiden evaluar adecuadamente su efectividad” (2007: 92). Estos son, por ejemplo, la falta de un apoyo continuo al programa, el limitado alcance de las evaluaciones de impacto de los mismos, contextos frágiles para los docentes los cuales tienen tiempo limitado para actividades o trabajan en simultáneo con otros programas de la escuela que demandan mucho tiempo. Además, “los dos factores reconocidos por las investigaciones como importantes en la efectividad de los programas de formación continua –duración en el tiempo de las actividades de formación y coherencia interna de los mismos– no siempre se observan bien [en la región]” (2007: 93). Por este motivo, la autora considera de suma importancia la elaboración de políticas y planes estratégicos de mediano y largo plazo, la articulación de la oferta con otras acciones referidas a docentes y la construcción de acciones sobre la base de experiencias exitosas en los países y en otros lugares.

La formación docente efectiva en el campo de la enseñanza de las ciencias

Al focalizar en estudios acerca de programas de formación docente efectivos o de calidad en el campo de la enseñanza de las ciencias específicamente, es posible identificar diferentes características que aportan a su efectividad, en tanto muestran un impacto positivo en las prácticas docentes, en su conocimiento y en el desempeño de los estudiantes. Loucks-Horsley, Stiles, Mundry, Love y Hewson (2010 citados en Rundgren, 2018), destacaron varios aspectos importantes que caracterizan a los programas de formación efectivos para docentes de ciencias. Entre ellos, mencionan que los mismos están diseñados para abordar las metas y necesidades de aprendizaje de los estudiantes. Además, nacen y se nutren de una imagen bien definida de enseñanza-aprendizaje que incluye:

un compromiso con que todos los niños aprendan ciencias, un énfasis en la enseñanza basada en la indagación, las investigaciones, la resolución de problemas y las aplicaciones del conocimiento, un enfoque que enfatiza la comprensión profunda de los conceptos básicos y desafía a los estudiantes a construir nuevos conocimientos y medios claros para medir el logro significativo (traducción propia de Rundgren, 2018: 611).

Al mismo tiempo, Loucks-Horsley *et al* (2010) destacan que las experiencias efectivas de desarrollo profesional brindan oportunidades para que los maestros desarrollen sus conocimientos acerca del contenido pedagógico y sus habilidades, y que reflexionen sobre su práctica de manera crítica. También se basan en la investigación e involucran a los docentes como estudiantes adultos en los enfoques de aprendizaje que usarán posteriormente en sus clases. El desarrollo profesional efectivo en ciencias brinda oportunidades para que los maestros trabajen con colegas y otros expertos en comunidades de aprendizaje para mejorar continuamente su práctica. Adicionalmente, apunta a que los docentes adquieran experiencia a lo largo de su carrera y desempeñen funciones de liderazgo.

Por su parte, el NRC de Estados Unidos establece en una de sus publicaciones, pautas para alcanzar un desarrollo profesional efectivo. Sugiere que la formación en programas de ciencias debe estar orientada “a la indagación, tanto como un resultado de aprendizaje para los maestros como una forma para que los maestros aprendan

ciencias” (traducción propia de NRC, 2000: 112). El documento también menciona como atributos efectivos de la formación docente en el campo de la enseñanza de las ciencias el aprendizaje continuo a lo largo del tiempo, el acompañamiento de colegas y el apoyo de varias personas y organizaciones.

El NRC (2000) también sostiene que formar docentes en la metodología de indagación permite alcanzar ciertos objetivos simultáneos. En primer lugar, ofrece a los maestros experiencias diferentes a los cursos más tradicionales de formación en enseñanza de las ciencias, ofrece experiencias uno a uno, de mentoría, trabajo colaborativo entre docentes, entre otras. En segundo lugar, pone el foco en aspectos relevante de la práctica docente, incluyendo su organización y preparación. Por otro lado, propone a los maestros adquirir el hábito de identificar cómo sus estudiantes llegan a comprender conceptos o ideas científicas complejas a partir de la indagación.

Diaconu, Radigan, Suskavcevic y Nichol (2011) estudiaron de manera experimental la efectividad de un programa de formación de docentes de ciencias a partir de pruebas de contenido, entrevistas y observaciones de clases. Dicho programa estaba enfocado en formar a los docentes desde una perspectiva constructivista y a partir de comunidades de aprendizaje que permitieran el intercambio de experiencias entre docentes y mentores. El grupo de docentes que tomó el programa fue comparado con un grupo control y demostró un crecimiento significativo en el conocimiento de los contenidos de ciencias, diferencias significativas en relación al conocimiento de los contenidos de ciencia, a sus habilidades de liderazgo y a la aplicación de metodologías indagatorias.

Los trabajos de Garet *et al* (2001) y Penuel *et al* (2007) han identificado la importancia de involucrar a los participantes en el proceso de aprender en base a la indagación y modelando estrategias de enseñanza durante el proceso de formación. Al mismo tiempo, conectar el trabajo en el aula con el desarrollo profesional y apoyar continuamente al docente en su formación favorecen un aprendizaje continuo (Capps, Crawford y Constas 2012). El apoyo a los docentes de ciencias luego de haber tomado seminarios de formación (visitas a clases, reuniones, apoyo remoto, entre otras formas) también resulta importante porque ofrece un espacio para aclarar dudas, interactuar con

los formadores y recibir realimentación en relación a estrategias probadas en clase (Garet *et al*, 2001).

Tabla 2. Aspectos de la formación docente en ciencias que también resultan efectivos según los hallazgos de los diferentes autores.

Aspectos efectivos de la formación docente en ciencias	Estudios
Formación enfocada en la indagación.	NCR (2000) Garet et al (2001) Penuel et al (2007) Loucks-Horsley et al (2010) Rundgren (2018)
Formación enfocada en resolución de problemas y aplicación de conocimiento.	Loucks-Horsley et al (2010)
Formación constructivista.	Diaconu, Radigan, Suskavcevic y Nichol (2011)
Formación centrada en metas y necesidades de aprendizaje propias de los estudiantes.	Loucks-Horsley et al (2010)
Conecta el trabajo en el aula con el desarrollo profesional.	Garet et al (2012)
Invitan a los docentes a reflexionar sobre su propia práctica.	Loucks-Horsley et al (2010)
Incentivan a los docentes a desempeñar funciones de liderazgo.	Loucks-Horsley et al (2010)

En resumen, varios de los aspectos efectivos de la formación docente de la Tabla 1, también son recuperados por la literatura que se refiere a la formación docente en el área de ciencias. Estos son principalmente, la formación con modelaje y demostraciones (Loucks-Horsley *et al*, 2010; NCR, 2000; Garet *et al*, 2001; Penuel *et al*, 2007), el seguimiento de un profesional a lo largo del tiempo (NCR, 2000; Garet *et al*, 2001), la participación colaborativa de un grupo de docentes de una misma escuela (NCR, 2000), las comunidades de aprendizaje (Loucks-Horsley *et al*, 2010; Diaconu *et al*, 2011) y el hecho de que sean programas continuos y que perduren en el tiempo (NCR, 2000). La

Tabla 2 agrega otros atributos principales de una formación docente efectiva específicamente en el área de ciencias según la literatura consultada y no mencionados anteriormente. La mayoría de los estudios revisados en torno a este tema coinciden en que los programas de formación centrados en la indagación aseguran un mayor nivel de efectividad. Además, los estudios valoran la formación constructivista, la formación enfocada en resolver problemas, la formación centrada en metas y necesidades de los estudiantes, la conexión con el trabajo en aula, la invitación a los docentes a reflexionar sobre su práctica y a ejercer funciones de liderazgo.



Universidad de
San Andrés

CAPÍTULO 4

HAGAMOS CIENCIA

Recorrido histórico y objetivos del programa Hagamos Ciencia

En Panamá, esfuerzos en formación y de ECBI han surgido, precisamente, por parte de la SENACYT. Hagamos Ciencia es uno de los programas más importantes de la Dirección de Aprendizaje y Popularización de la Ciencia de la SENACYT. La Dirección busca sentar las bases para el desarrollo a largo plazo de la Ciencia y la Tecnología en el país, implementando programas de modernización del aprendizaje y popularización de la ciencia y la tecnología, promoviendo que los niños y jóvenes desarrollen su máximo potencial en estas áreas. Asimismo, contribuye con la formación continua de los docentes en servicio en áreas educativas prioritarias para el país como ciencias, matemática, tecnología, gestión educativa y evaluación. Lo hace a través de su oferta de diplomados, posgrados, maestrías y talleres cortos (SENACYT, 2016b).

El programa inició en el 2006 en alianza con el Ministerio de Educación de Panamá. En esta primera fase tuvo una duración de tres años. El objetivo principal fue formar a grupo de profesores de ciencias de secundaria en ECBI, a través de un posgrado de un año de duración para que sean mentores de futuros maestros. El programa estaba centrado en la metodología, pero también en presentarle a los profesores estrategias de mentoría, manejo de aula y evaluación formativa.

Bajo la premisa de que “el contexto sociocultural y la calidad de los maestros son los dos factores que más influyen en el desempeño de los estudiantes” (SENACYT, 2015), en el 2015 la SENACYT retomó el Programa de Desarrollo Profesional Docente Hagamos Ciencia. El objetivo era “generar una propuesta curricular para la enseñanza de Ciencias Naturales con visión integrada de forma tal que se enseñe ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas” a partir de la indagación. Se buscaba diseñar experiencias de aprendizaje en la cual los niños tuvieran “la posibilidad de hacer preguntas, de plantear experiencias y coleccionar evidencias” mientras que los docentes

“guían el proceso, promueven la lectura y fortalecen los conceptos científicos” (SENACYT, 2016b: 7)

Con el transcurso de los años, los esfuerzos fueron también destinados a la formación docente. También se proponía formar, a partir de talleres, a un grupo de docentes capaces de enseñar ciencias por indagación, y promover en los estudiantes el pensamiento crítico y la curiosidad (SENACYT, 2016a). Entre los años 2015 y la actualidad, La Dirección de Aprendizaje de SENACYT llevó a cabo otros talleres y capacitaciones a docentes beneficiarios de Hagamos Ciencia en temas relacionados al diseño de “evaluaciones sumativas y formativas enfocadas en los tipos de conocimiento para promover aprendizajes más significativos en los estudiantes” (SENACYT, 2018).

El proyecto cuenta con cinco premisas principales: utilizar materiales de calidad, definir un tiempo y un espacio propicios para la planificación dentro de las instituciones educativas, incentivar a los docentes a aprender de su propia práctica y la de sus colegas, promover un ambiente que valore el aprendizaje y brindar apoyo institucional a los procesos de aprendizaje¹. Para alcanzar esto, la Dirección de Aprendizaje complementa sus esfuerzos en el desarrollo profesional docente con el desarrollo de módulos de aprendizaje centrados en la resolución de problemas reales, que capten la atención de los estudiantes y desde la perspectiva de un maestro guía que empuja a los estudiantes a descubrir.

Hagamos Ciencia organiza tres módulos para cada grado, cada módulo se corresponde con un trimestre escolar. Los organiza en torno a tres temas, por ejemplo: sistema circulatorio, ecosistema y energía, y rocas. Cada grado trabaja durante el año con un tema relacionado al cuerpo humano, uno al ecosistema y otro a ciencias de la tierra. En el Anexo 1 es posible ver un ejemplo de un módulo de 4º grado.

Como se mencionó anteriormente, ECBI significa que los estudiantes desarrollan progresivamente ideas científicas claves mientras aprenden a investigar, y construyen su conocimiento y comprensión del mundo que los rodea (IANAS, 2012

¹ Estos datos fueron recolectados en un Conversatorio sobre el Programa Hagamos Ciencia llevado a cabo el día 16 de mayo de 2019 organizado por el Instituto Centroamericano de Administración y Supervisión de la Educación con sede en la Universidad de Panamá.

citado en Harlen, 2013: 13). Los módulos del programa parten de ideas científicas clave dentro de cada tema del trimestre que invitan a los estudiantes a construir conocimiento y poner en juego varias prácticas científicas (ver Anexo 1). Algunos ejemplos de ideas científicas en los módulos son: el pulso es consecuencia de la actividad del corazón, o los animales que se alimentan de otros animales (consumidores secundarios) con el tiempo también morirían, porque no habría animales con los cuales alimentarse y todo el ecosistema colapsaría.

Además, en cada módulo se trabajan intencionalmente determinadas prácticas científicas conectadas con las presentadas por el NRC y los NGSS que buscan que los estudiantes alcancen una comprensión más profunda de cada una de esas ideas científicas. Por ejemplo, para estimular el pensamiento crítico y llevar a los estudiantes a poner en juego habilidades de pensamiento complejas, los módulos proponen: formular preguntas investigables sobre las variaciones de la frecuencia cardíaca. Por otro lado, también proponen prácticas relacionadas con obtener, evaluar y comunicar información. A modo de ejemplo se pueden rescatar: observar y describir rocas de diferentes tipos, registrar por medio de cuadro sus observaciones de las rocas, comunicar y divulgar mediante tríptico, volante u otro medio de comunicación, información relevante para el control de la salud del sistema urinario.

Los docentes que imparten los módulos son acompañados por mentores, docentes que han demostrado con el paso del tiempo un buen dominio de las estrategias de ECBI y que se han formado por medio de un posgrado de enseñanza de las ciencias basada en indagación organizado por la SENACYT, con colaboradores internacionales. Se encargan de orientar el desarrollo profesional de los docentes en cuanto a la aplicación de la indagación como estrategia para la enseñanza de las ciencias y a lograr una autoevaluación reflexiva de su práctica pedagógica a partir de un plan de desarrollo profesional y observaciones de aula. Al mismo tiempo, guían pertinentemente a los docentes hacia la comprensión adecuada de conceptos científicos y promueven la formulación adecuada de objetivos, para que logren claridad en las metas de aprendizaje y una secuencia de actividades coherente con dichas metas.

Todos los años, la SENACYT aplica pruebas a inicio y fin de año a los estudiantes beneficiarios del programa para medir aprendizaje de conceptos y logro de habilidades científicas. Las mismas fueron diseñadas por la Dirección Nacional de Aprendizaje y Popularización de la Ciencia y se encuentran alineadas a cada uno de los módulos que se trabajan en cada uno de los grados. Son aplicadas por el equipo de la Dirección con el apoyo de los mentores y docentes y son analizadas a nivel interno, con el fin de realizar ajustes a los módulos y a la práctica de los docentes. En el Anexo 2 se adjuntan las preguntas de la prueba de 4° grado aplicada durante el 2019 y de la cual se extrajeron parte de los resultados para el análisis de esta tesis.

Durante el 2019, La Dirección de Aprendizaje de SENACYT implementó el Programa Hagamos Ciencia en cincuenta escuelas primarias públicas atendidas por 44 facilitadores y ubicadas en las siguientes regiones educativas del país: Chiriquí, Veraguas, Los Santos, Panamá Oeste, Panamá Centro, Panamá Norte y San Miguelito. En cada provincia hay un coordinador y un sub-coordinador que le dan seguimiento a todas las acciones desarrolladas en cada región y junto al grupo de mentores brindan acompañamiento a los docentes.

Desarrollo profesional de los docentes de Hagamos Ciencia²

Los docentes del programa Hagamos Ciencias son profesionales con titulación panameña cuya escuela fue invitada por la SENACYT y el MEDUCA a participar del programa. Como parte integral de la participación en el programa, la SENACYT organiza capacitaciones para los docentes que forman parte del mismo en el receso escolar de verano y a mitad de año. También, como se mencionó anteriormente les brinda un acompañamiento continuo a su práctica. Las capacitaciones son dictadas por especialistas nacionales e internacionales. Cada año el tema principal de la misma varía y no necesariamente está centrado en la ECBI, sino en diferentes aspectos que cruzan a la enseñanza de las ciencias en general como pueden ser la evaluación formativa o la integración de contenidos de ciencias en otras asignaturas. Sin embargo, cuando una

² La información de esta sección fue brindada por una de las Coordinadoras del Programa Hagamos Ciencia en una entrevista personal con la tesista.

escuela nueva se suma al programa y la capacitación de verano no está centrada en ECBI, la SENACYT organiza una inducción exclusiva para esa escuela nueva centrada en indagación. Adicionalmente, la ECBI es parte fundamental del seguimiento profesional continuo que reciben los docentes del programa. La pauta de observación que utilizan los mentores para recolectar datos de la práctica docente está centrada en observar diferentes criterios de la ECBI (los mismos son expuestos y profundizados en el capítulo I de la segunda parte de esta tesis). Los mentores se aseguran de reflexionar junto con los docentes acerca de la puesta en práctica efectiva de esos criterios de ECBI en sus clases.

La formación de los docentes de Hagamos Ciencia toma varias de las características del desarrollo profesional efectivo mencionadas anteriormente. Las capacitaciones no son esporádicas, sino que se realizan con relativa frecuencia. Además, están conectadas con el trabajo en el aula y los docentes reciben el seguimiento de un profesional a lo largo del tiempo (en el marco del programa son denominados mentores). Como se mencionó anteriormente los mentores se formaron con un posgrado en ECBI organizado por la SENACYT y dictado por colaboradores internacionales. Dicho posgrado constaba de asignaturas tales como: Indagación como Estrategia en la Enseñanza de las Ciencias I y II, Teorías del Aprendizaje, Evaluación de los Aprendizajes I y II, Desarrollo Profesional Docente y, finalmente, una práctica en una escuela.

El seguimiento que otorgan los mentores es otro de los aspectos de la formación docente efectiva en el campo de las ciencias presente en el programa de formación Hagamos Ciencia. Este seguimiento consiste, por un lado, en realizar un diagnóstico del maestro y su contexto. A partir de una entrevista y de algunas observaciones iniciales de sus clases de ciencias, el mentor identifica fortalezas y debilidades del docente en torno a: (1) el dominio y manejo de los conceptos que le permitan facilitar la construcción de esquemas conceptuales y habilidades de proceso científico en los niños, (2) la comprensión e implementación de la indagación como estrategia de enseñanza y (3) el manejo del aula y de aspectos técnico-docentes. Posteriormente, docente y mentor se reúnen para acordar un plan de desarrollo profesional en el que, en torno a los tres ejes mencionados anteriormente, establecen metas y estrategias para alcanzarlos de manera

efectiva. Además, acuerdan un cronograma de trabajo en conjunto para planificar las lecciones, llevar a cabo observaciones de clases, tener sesiones de reflexión y revisar otras evidencias tales como registros, cuadernos de los estudiantes o productos creados por los estudiantes. Aquí se observa otra de las características de los programas de desarrollo profesional docente efectivos, la reflexión de los docentes sobre su práctica.

Otra de las características del desarrollo profesional docente efectivo en el programa Hagamos Ciencia es que las capacitaciones se proponen objetivos que implican que los docentes atraviesen oportunidades de aprendizaje constructivistas durante el proceso de formación. Por ejemplo, en el seminario Taller “Integración de contenidos programáticos a partir de módulos de ciencias naturales” dictado a los docentes en agosto del 2018, se les brindó a los docentes la guía para que diseñen actividades con sus respectivas evaluaciones a partir de las lecciones de los módulos de ciencias, con el fin de promover aprendizajes más significativos en los estudiantes. Durante la capacitación los docentes indagaron en sus conocimientos previos sobre el tema, construyeron conocimiento en torno a la idea de integrar asignaturas, generaron actividades cortas a partir de integrar contenidos de diferentes asignaturas, modelaron una clase y retroalimentaron constructivamente sus creaciones³.

En lo que se refiere a las comunidades de aprendizaje en tanto práctica efectiva durante el desarrollo profesional docente, el programa comenzó a incentivarlas durante el 2019. En algunas escuelas, se incentivó a los docentes del programa a trabajar colaborativamente y reflexionar sobre su práctica de aula con el objetivo de “hacer de la escuela un espacio para el aprendizaje y el desarrollo profesional docente basado en buenas prácticas de aula que estimulen mejores aprendizajes en los estudiantes” (SENACYT, 2019).

Una de las características del desarrollo profesional efectivo ausente en el desarrollo profesional de algunos de los docentes de Hagamos Ciencia, puede ser la formación teórica en ciencias. Únicamente algunos de los cursos de capacitación dictados en verano en los últimos cinco años tuvieron formación centrada en

³ Esta información fue recopilada de los objetivos presentes en la Planificación Analítica compartida por la SENACYT a la tesista como ejemplo de una de las capacitaciones impartidas a los docentes del programa. La misma fue realizada por la SENACYT y presentada al MEDUCA para su aprobación del Seminario Taller: “Integración de contenidos programáticos a partir de módulos de ciencias naturales” que se llevó a cabo en el 2018.

comprender la naturaleza de la ciencia y en desarrollar conocimiento sobre los contenidos de ciencias. Es de suponer que gran parte de los docentes la recibieron en su formación de base antes de ingresar al programa. Sin embargo, debido a que el contenido de las capacitaciones de verano cambia año tras año no es posible asegurar que todos los docentes activos del programa durante el 2019 recibieron ese tipo de formación por parte de las autoridades del programa.

Estudios sobre Hagamos Ciencia

Al momento existe un solo estudio sobre Hagamos Ciencia. En el 2008, Ruiz Primo llevó a cabo la evaluación piloto del programa Hagamos Ciencia. Los resultados de la misma no fueron publicados, sino que son para uso interno y comunicacional de la Dirección de Aprendizaje y Popularización de la Ciencia de la SENACYT⁴. La evaluación se propuso medir el impacto del programa en el aprendizaje de los estudiantes a través de un estudio experimental con grupo control a partir de analizar el tamaño del efecto. Se evaluaron 12.856 estudiantes de Hagamos Ciencia y 6.321 del grupo control, correspondientes a 927 docentes de 118 escuelas públicas de Panamá. A todos se les aplicó una prueba diseñada en base a los módulos propios del programa y a contenidos de ciencias de los documentos oficiales de Panamá. Los resultados mostraron un impacto positivo y estadísticamente significativo en 3° grado en ambos aspectos evaluados, los vinculados al programa particularmente y los vinculados al currículo ($p < 0.001$). Tal diferencia se observó con un tamaño del efecto promedio de .30 (un efecto pequeño) (Ruiz Primo, 2008). Para 4° y 6° grado el impacto en los aprendizajes fue positivo pero no estadísticamente significativo en ambos aspectos (aprendizajes del programa y aprendizajes del currículum). Finalmente, el impacto resultó negativo, aunque no estadísticamente significativo, para las preguntas vinculadas al currículo oficial en 6° grado (IANAS, 2017).

⁴ Los datos fueron compartidos por la Dra. María Heller, Directora de la Dirección de Aprendizaje y Popularización de la Ciencia de la SENACYT para la publicación de la IANAS “Educación en Ciencias Basada en Indagación: Promoviendo cambios en la enseñanza de las ciencias en las Américas”.

En el estudio original (Ruiz Primo, 2008) se evidencia que los tamaños de efecto más altos se observaron en los ítems basados en los módulos del programa y los más bajos en los ítems del plan de estudios nacional. Los estudiantes del grupo control obtuvieron puntajes similares o incluso mejores en los ítems del plan de estudios nacional que sus contrapartes en el programa de Hagamos Ciencia. Esto podría estar evidenciando que las escuelas a las que pertenecen los estudiantes del grupo control le otorgan fuerte relevancia y mayor tiempo a abordar los temas del currículo nacional. Dato que podría explicar el hecho de que los estudiantes del grupo control dominen mejor que los estudiantes del programa los contenidos del programa oficial, demostrando mayores logros principalmente entre los estudiantes de 6° grado.



CAPÍTULO 5

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

La situación de la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias en Panamá

En el 2001 UNESCO indicaba la importancia que tiene para un país alcanzar un alto nivel de educación científica como mecanismo para garantizar desarrollo y sostenibilidad. La importancia de estudiar la enseñanza de las ciencias en el contexto panameño se encuentra en el hecho de que, en los últimos quince años, Panamá ha demostrado resultados por debajo de los estándares mínimos esperados en las pruebas nacionales e internacionales en las que ha participado. En el 2006, El Segundo Estudio Regional Comparativo y Explicativo (SERCE) advirtió que la mayoría de los estudiantes panameños no lograban estándares mínimos de habilidades y conocimientos para el siglo XXI, a pesar de los recursos del país (Unidos por la Educación, 2013). Si bien los desempeños fueron bajos en todas las materias evaluadas, los resultados de SERCE han demostrado que Ciencias es el área que presenta mayores dificultades para los alumnos de 6° grado de primaria con un 51% de los estudiantes ubicados en nivel más bajo que se puede alcanzar, en Lectura ese porcentaje fue del 29% y en Matemática del 27% (Unidos por la Educación, 2013). El panorama no cambió demasiado entre el Segundo y el Tercer Estudio Regional Comparativo y Explicativo (TERCE), en el cual los estudiantes panameños de 6° grado puntuaron por debajo del promedio de la región en Ciencias (UNESCO, 2015).

En el 2019, el Ministerio de Educación de Panamá en colaboración con la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) publicó un resumen ejecutivo del informe sobre los resultados del Programa Internacional para la Evaluación de Estudiantes (PISA por sus siglas en inglés). En el mismo, compara el puntaje promedio obtenido por los estudiantes en las últimas dos participaciones de Panamá en dicho estudio. Se observa que el puntaje alcanzado en Matemática y en Ciencias disminuyó entre 2009 y 2018; en el caso de ciencias, la disminución fue mayor. Al mismo tiempo, el informe compara el desempeño promedio de los estudiantes de 15 años en Panamá en los dominios evaluados con sus pares en países

Latinoamericanos y los países de la OCDE, “los resultados de Panamá se ubican por debajo del promedio de los países de la OCDE, y debajo del promedio regional de América Latina y el Caribe” (MEDUCA, 2019b: 8). Poco más del 20% de los estudiantes alcanzó el nivel mínimo establecido por el Objetivo 4 de Desarrollo Sostenible (ODS) de las Naciones Unidas y por la OCDE en Ciencias (MEDUCA, 2019b) que busca asegurar que cada niño, niña y joven logre, al menos, niveles básicos de competencia.

Por otro lado, también es importante analizar resultados que miden el currículum del país. Las pruebas CRECER se aplicaron en el 2017, en una muestra de escuelas de 6° grado y en la totalidad de las escuelas en 3° grado. Los resultados difundidos por el Ministerio de Educación de Panamá exponen que más del 60% de los estudiantes de 6° grado se ubicó en los niveles más bajos (0, 1 y 2 en una escala hasta el 4) en Español y en Matemáticas. La situación es más inquietante en Ciencias, más del 80% de los estudiantes se ubicaron en dichos niveles (MEDUCA, 2019a). Preocupa la falta de conocimientos en dicha materia y el vacío en el desarrollo de habilidades científicas en los estudiantes panameños.

Investigadores colombianos y panameños (Villalba, Luzardo, Fajardo, Escobar y Tuñón, 2018) tras realizar un estudio de factores asociados a los resultados de TERCE en Panamá han demostrado que el carácter (público o privado) de las instituciones estuvo asociado significativamente al rendimiento de los estudiantes en todas las áreas evaluadas y que “estudiantes que provienen de escuelas de carácter privado presentan, en promedio, mejores resultados en las pruebas” (2018: 16-17). Al analizar los resultados de PISA 2018, De León (2019) advierte que el índice de escasez de recursos educativos en el país es alto y se encuentran distribuidos con significativa inequidad entre escuelas públicas y privadas. Además, sostiene que Panamá está entre los países con peores resultados en términos de equidad, lo que implica una injusticia para muchos estudiantes e imposibilita realizar una visión de país.

Tanto PISA como las evaluaciones de SERCE y TERCE miden conceptos, pero también las habilidades de los estudiantes para aplicar lo que han aprendido en la escuela a situaciones de la vida real. De acuerdo a lo expuesto en el marco teórico de

esta investigación, las competencias científicas forman parte de la ciencia como proceso. Numerosos estudios dan cuenta de que la enseñanza de las ciencias en la escuela primaria en América Latina responde a un modelo en gran parte transmisivo, en el que se trabaja el producto de la ciencia, dejando de lado el proceso llevado a cabo para construir el conocimiento (Furman, 2020; Furman y Podestá, 2010; Valverde y Näslund Halley, 2010). Los resultados de las evaluaciones internacionales en las que Panamá ha participado dejan en evidencia la importancia de implementar y generar información sobre programas estatales que buscan, por un lado paliar la inequidad educativa existente entre escuelas públicas y privadas; y por el otro, enseñar no solamente el producto de la ciencia sino también y con mayor énfasis, el proceso.

Este problema en torno a los modos de enseñanza y su relación con los bajos niveles alcanzados por los estudiantes panameños en pruebas nacionales e internacionales de ciencias, abre paso al objetivo principal de esta tesis que se propone analizar los modos de implementación de la enseñanza de las ciencias basada en la indagación y su asociación con el aprendizaje de los estudiantes participantes del programa Hagamos Ciencia. De confirmarse que mayores niveles de implementación de ECBI se asocian con mayores aprendizajes, lo que se propone particularmente en el tercer objetivo específico, esta tesis podría aportar a futuras decisiones en torno a la formación de los docentes de ciencias de Panamá y de la región, con el fin de lograr mayores aprendizajes y el desarrollo de competencias científicas en los estudiantes.

La formación docente de los países en desarrollo

En un estudio acerca de la condición de la educación de las ciencias y la matemática en América Latina y el Caribe realizado para el Banco Interamericano de Desarrollo, Valverde y Näslund-Hadley (2011) afirman que gran parte de la problemática se asocia a programas débiles, materiales de aprendizaje inadecuados y falta de destreza de los docentes en las áreas que enseñan. Los autores también advierten acerca de la memorización y la reproducción mecánica de conceptos que caracterizan las aulas de la región. Tras revisar los currículos de la región latinoamericana y el Caribe afirman que en general, “no cumplen con las normas internacionales de claridad, alineamiento y

rigor. La ambigüedad, la contradicción y la dispersión se pueden observar en los términos vagos e imprecisos” (2011: 12). Parte de la baja calidad de la enseñanza en la región es atribuible a la forma en la que los currículos están planteados. No obstante, es necesario ahondar en la formación docente inicial y continua que proponen los países. Valverde y Näslund-Hadley afirman que si bien la mayoría de los docentes de la región cuentan con el nivel requerido por los diferentes sistemas nacionales para ejercer su profesión, “muchos docentes no están adecuadamente preparados y ofrecen muy pocas oportunidades para que sus alumnos aprendan las destrezas de matemáticas y ciencias naturales” (2011: 12).

Por su parte, Furman advierte acerca de la fuerte impronta enciclopedista que asume la enseñanza de las Ciencias en la región: “tanto las estrategias de enseñanza como la evaluación de los aprendizajes promueven predominantemente la reproducción de conocimientos fácticos y definiciones de conceptos” (2020: 49). La propuesta de actividades que invitan a los estudiantes a resolver problemas es escasa, lo cual limita las oportunidades para el desarrollo de competencias científicas en los niños y jóvenes de la región. En esta línea de pensamiento, elevar la calidad de la educación docente en América Latina resalta como una iniciativa clave para alcanzar sistemas educativos excelentes. Burns y Luque afirman que “el nivel académico de los estudiantes que ingresan a los programas de formación docente es bajo, y la calidad de dichos programas es también terriblemente baja” (2014: 27). Por otro lado, sostienen que la formación no logra transmitir suficiente dominio de los contenidos ni una pedagogía centrada en el alumno, está aislada del resto del sistema escolar y de la formulación de las políticas educativas (Burns y Luque, 2014).

Por lo expuesto anteriormente, es importante estudiar aquellos esfuerzos que escapan el modelo tradicional de transmisión de conocimiento para poner a prueba nuevas pedagogías que han demostrado relacionarse positivamente con el aprendizaje de los estudiantes. Al mismo tiempo, y dado que variadas investigaciones en el campo educativo han demostrado que la variable con un mayor impacto en el aprendizaje de los estudiantes son los docentes (Hattie, 2003; Bell, Bolam, y Cubillo, 2003 citados en De León, 2017), resulta de vital importancia generar información respecto a su práctica para direccionar esfuerzos. Este problema relacionado con la necesidad de incentivar la

formación de los docentes de ciencias en la resolución de problemas que permitan aprendizajes profundos y duraderos, abre paso a la necesidad de conocer la práctica de los docentes. En esta línea se formularon los otros dos objetivos específicos de esta investigación: identificar el nivel de implementación de los diferentes criterios de ECBI por parte de los docentes del programa Hagamos Ciencia durante el 2019 y evaluar la relación de los diferentes criterios de implementación de ECBI observados en la práctica docente unos con otros.

En Panamá, esfuerzos en formación de ECBI han surgido, precisamente, por parte de la SENACYT, como pilar fundamental del programa Hagamos Ciencia. He aquí la importancia de empezar a generar información acerca de la necesidad de repensar la formación docente en esta línea. Adicionalmente, el programa Hagamos Ciencia resulta un caso interesante, ya que no solo busca un impacto en el aprendizaje y el desarrollo de habilidades científicas en los estudiantes, sino que también se propone impactar fuertemente en la manera de enseñar de los docentes. El ciclo de intervención comienza en la confección de un plan de desarrollo profesional acordado entre docente y mentor. Se reúnen para preparar las clases, establecer objetivos, estrategias y materiales. Luego, se realizan sesiones de reflexión, observaciones de clase y se fijan metas para alcanzar dicho plan.

PARTE II

CAPÍTULO 1

DISEÑO METODOLÓGICO

Objetivos de investigación

Esta tesis se propone como objetivo general:

- Analizar los modos de implementación de la enseñanza de las ciencias basada en la indagación y su asociación con el aprendizaje de los estudiantes participantes del programa Hagamos Ciencia durante el 2019.

Y como objetivos específicos los siguientes:

- Identificar el nivel de implementación de los diferentes criterios de ECBI por parte de los docentes del programa Hagamos Ciencia durante el 2019.
- Evaluar la relación de los diferentes criterios de implementación de ECBI observados en la práctica docente unos con otros.
- Analizar la asociación entre el nivel de implementación de la ECBI por parte de los docentes y el aprendizaje de sus estudiantes.

Las preguntas de investigación que guían a este estudio son:

1. ¿Cuál es el nivel de implementación de la metodología de enseñanza de las ciencias basada en la indagación por parte de los docentes de Hagamos Ciencia?

Por el tipo de pregunta, no se presenta una hipótesis. Sin embargo, se puede adelantar que si bien la revisión de literatura referente a la situación de la enseñanza de las ciencias en Panamá y en la región invita a anticipar que dicho nivel no será alto, en la primera parte de esta tesis se identificaron algunas características del desarrollo profesional docente efectivo en la formación y acompañamiento otorgado a los docentes

del programa Hagamos Ciencia que podrían suponer que se esperara un nivel de implementación intermedio.

2. ¿Qué relación existe entre los diferentes criterios de implementación de ECBI observados en la práctica docente?

Para esta pregunta se plantea la siguiente hipótesis: existe una relación positiva significativa entre el puntaje promedio de aplicación de los cuatro criterios de ECBI al relacionarse unos con otros. Esto debido a que, dentro del enfoque de la ECBI, cada criterio se corresponde con prácticas implicadas en la ciencia como proceso y que están cercanamente interrelacionadas entre sí; por ejemplo, para construir explicaciones sobre un fenómeno o discutir ideas en torno al mismo, es necesario observarlo y registrar datos.

Como criterio de significación estadística de la relación encontrada se tomará el 5%. Esto indica que si el p-valor es menor que 0,05 se rechaza la hipótesis nula y es posible afirmar que las variables en cuestión se encuentran relacionadas entre sí. En esta sub-pregunta de investigación las variables involucradas son el nivel de implementación de cada criterio observado. Precisamente, el objetivo del módulo y la secuencia de actividades; el planteamiento de preguntas, preguntas científicas y predicciones; observación, recolección, registro y sistematización de datos; la construcción de explicaciones; y la discusión de ideas. Están definidas operacionalmente como el promedio de los puntajes obtenidos en las diversas observaciones para cada uno de los cinco criterios observados.

3. ¿Tienen los niveles de implementación de los diferentes criterios de ECBI por parte de los docentes de Hagamos Ciencia una asociación con en el aprendizaje de sus estudiantes?

Se plantean las siguientes hipótesis:

- a. Existe una asociación positiva significativa entre el dominio del objetivo del módulo y el planteamiento de secuencias de actividades alineadas; y el aprendizaje de los estudiantes.

- b. Existe una asociación positiva significativa entre la práctica de fomentar el planteamiento de preguntas, preguntas científicas y predicciones por parte de los estudiantes; y el aprendizaje de los mismos.
- c. Existe una asociación positiva significativa entre la práctica de promover la recolección, el registro y el análisis de datos; y el aprendizaje de los estudiantes.
- d. Existe una asociación positiva significativa entre la práctica que promueve la construcción de explicaciones y el aprendizaje de los estudiantes.
- e. Existe una asociación positiva significativa entre la práctica que promueve la discusión de ideas entre los estudiantes y el aprendizaje de los mismos.
- f. Existe una asociación positiva significativa entre todos los criterios tomados en conjunto y el aprendizaje de los estudiantes.

Una vez más, se toma como criterio de significación estadística el 5%. Para esta pregunta de investigación, las variables independientes son los niveles de implementación de los criterios de la ECBI; y la variable dependiente, el aprendizaje de los estudiantes. Se utiliza la misma definición operacional del nivel de implementación por criterio de la ECBI que se utilizó para la segunda pregunta de investigación. El aprendizaje de los estudiantes se define operacionalmente como el puntaje promedio obtenido en la prueba aplicada por la SENACYT de los diferentes grupos de estudiantes de los docentes observados.

San Andrés

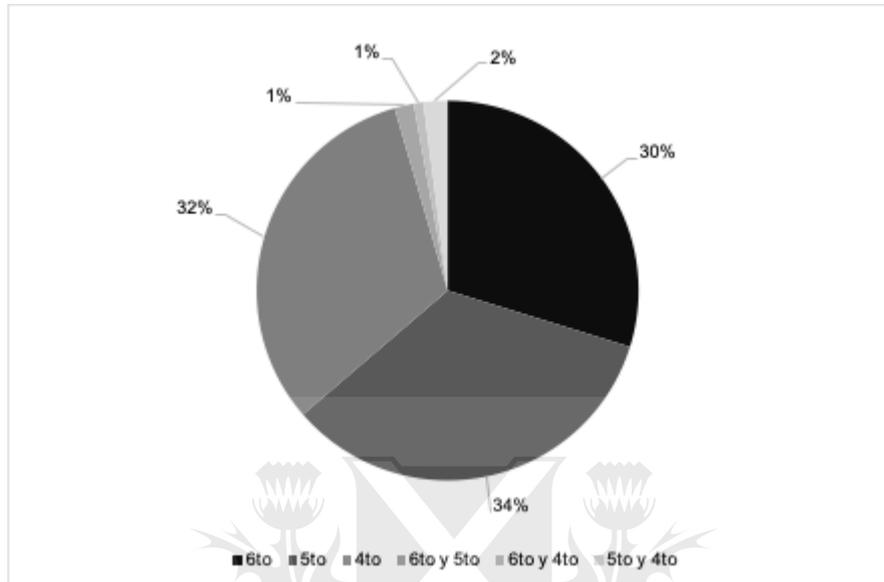
Estrategia metodológica

Población

Se analizó toda la muestra de docentes que fueron observados dos o más veces a lo largo del 2019 y cuyo grupo de estudiantes tomó la prueba final del curso aplicada por la SENACYT. Según información compartida por la SENACYT, los docentes de la muestra llevaban entre uno y tres años de participación en el programa. Dado que 44 de los 291 docentes con observaciones poseían únicamente una observación y dado que el grupo de estudiantes de 2 de los docentes observados no tomó la prueba, la muestra se

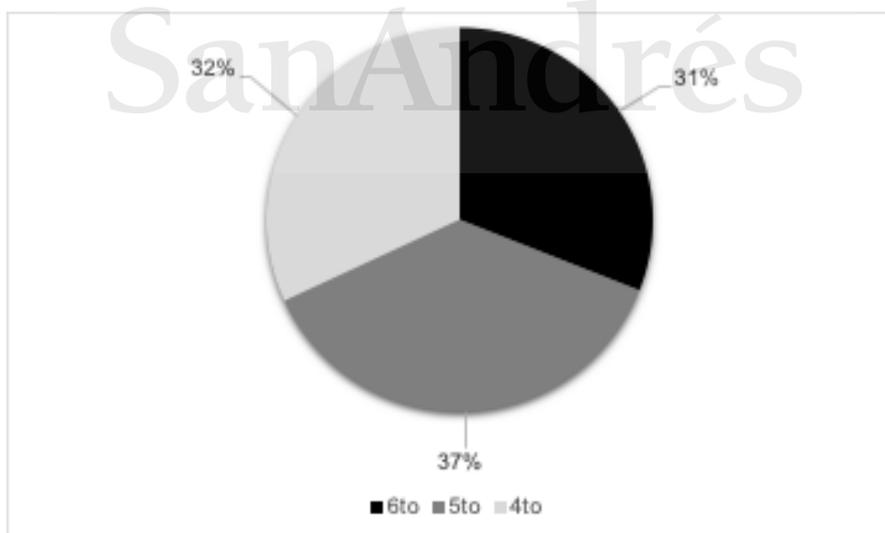
redujo a 245 docentes y sus 2.213 estudiantes. Los docentes y estudiantes se distribuyen de la siguiente manera:

Gráfico 1. Docentes observados según el/los grado/s que dictan.



Fuente: elaboración propia

Gráfico 2. Estudiantes evaluados según el grado al que asisten.



Fuente: elaboración propia

Recolección de datos

Para concretar el objetivo general de esta investigación se recurrió a datos que se encuentran recolectados por la SENACYT. La Dirección de Aprendizaje y Popularización de la Ciencia de la SENACYT coordina el proceso de seguimiento de la práctica docente que llevan adelante mentores. El seguimiento a los docentes de ciencias se hizo a partir de observaciones de clases llevadas a cabo por los mentores de los maestros que aplican los módulos del programa. Durante el 2019 se realizaron observaciones en 1.473 clases de 291 maestros de ciencias.

Los mentores completaron una pauta de observación siguiendo una serie de criterios propuestos por la SENACYT para medir la implementación de las estrategias ECBI (Tabla 3). Los observadores utilizaron una escala del 1 al 4 para evaluarlos, siendo 1 “iniciado en dicho criterio” y 4 “experto en dicho criterio”. Los criterios incluidos se corresponden con prácticas fundamentales de la enseñanza de las ciencias basada en la indagación expuestas en el marco teórico. Los criterios de ECBI observados fueron:

1. Objetivo del módulo y secuencia de actividades: se refiere a la práctica docente de plantear objetivos de aprendizaje alcanzables y una secuencia de actividades alineadas a dicho objetivo.
2. Preguntas y predicciones: se refiere a la práctica de incentivar el planteamiento de preguntas, preguntas científicas y predicciones por parte de los estudiantes.
3. Observación, recolección, registro y sistematización de datos: se refiere a la práctica docente que propone a los estudiantes actividades prácticas en las cuales deben observar, medir, recoger datos o información, orientarlos en el registro de datos y manejo de variables y hacer énfasis en la necesidad de usar los datos como evidencia para responder a las preguntas planteadas y dar explicaciones.

4. Construcción de explicaciones: referido a la práctica de fomentar la argumentación lógica y evidencia que la sustente en las intervenciones de los estudiantes, y que comparen las explicaciones basadas en observaciones desarrolladas en las clases con las obtenidas de los libros u otras fuentes.
5. Discusión de ideas: se refiere a la práctica docente de promover una clara diferenciación entre argumentos basados en evidencias y aquellos basados en opiniones personales durante las discusiones.

La SENACYT entregó estos datos a la tesista junto con los resultados de las pruebas aplicadas por SENACYT a los estudiantes de 4º, 5º y 6º grado a fines del 2019. Las pruebas fueron diseñadas por coordinadores del programa Hagamos Ciencia de la SENACYT y revisadas por un consultor externo. La coordinación del programa partió de los conceptos y las habilidades científicas puestas en práctica en los módulos de cada grado para elaborar los ítems (ver un ejemplo de módulo en el Anexo 1). En todas las pruebas los ítems son de opción múltiple con cuatro opciones de respuesta para cada pregunta. La prueba de 4º grado posee once ítems, la de 5º grado posee catorce ítems y la de 6º grado posee quince. Las autoridades del programa con ayuda de los mentores fueron los encargados de aplicar las pruebas de manera digital a partir de llevar tabletas a las escuelas durante los meses de octubre y noviembre del 2019, previo al inicio de este estudio. Se desarrolló un sistema de corrección automática de las respuestas de los estudiantes. El Anexo 2 muestra ítems de la prueba aplicada a estudiantes de 4º grado.

Por otro lado, las pruebas también fueron validadas por la tesista a partir de calcular el Alfa de Cronbach. La medida de la fiabilidad mediante el Alfa de Cronbach asume que los ítems miden un mismo constructo y que están altamente correlacionados. La prueba de 4º grado alcanzó un valor de consistencia interna de 0,536; la de 5º grado 0,571 y la de 6º grado 0,526. Estos valores son aceptables en estudios exploratorios (Nunnally, 1967).

Análisis de datos

Para alcanzar el primer objetivo específico, describir el nivel de implementación de los diferentes criterios de ECBI observados por parte de los docentes del programa Hagamos Ciencia durante el 2019, se partió de analizar el puntaje promedio alcanzado por los mismos en cada uno de los criterios a lo largo de dos o más observaciones. Para cada criterio se calculó el promedio de todos los docentes. Se interpretaron dichos promedios a la luz de la rúbrica de observación proveniente de la SENACYT (Tabla 3). Es decir que, los logros de los docentes del programa se evaluaron utilizando los propios criterios y objetivos establecidos por la Dirección de Aprendizaje de la SENACYT.

Tabla 3. Rúbrica de observación de los diferentes niveles de implementación de los criterios de ECBI.

	Experto (4 puntos)	Emergente (3 puntos)	En progreso (2 puntos)	Iniciado (1 punto)
Objetivo del módulo y secuencia de actividades	Plantea objetivos de aprendizaje alcanzables por medio de la secuencia de actividades apropiadas. Es posible verificar su logro, en término de los aprendizajes que se pretende que logren los niños.	Plantea objetivos de aprendizaje, alcanzables por medio de la secuencia de actividades apropiadas. No es posible verificar su logro, en términos de los aprendizajes que se pretende que alcance los niños.	Plantea objetivos de aprendizaje que son muy ambiciosos y por lo tanto no son posibles de alcanzar por medio de la secuencia de actividades propuestas.	Describe las actividades y adelanta a los escolares los resultados que pueden esperar de la experiencia.
Preguntas y predicciones	Usa diferentes tipos de preguntas según los momentos de la clase.	Hace preguntas y promueve el planteamiento de preguntas y predicciones	Hace preguntas e induce a los escolares a hacer preguntas. No pone a los	Sigue el modelo tradicional de exponer los temas nuevos sin considerar

	Promueve el planteamiento de preguntas, preguntas científicas y predicciones por parte de los estudiantes.	por parte de los estudiantes, solicita que justifiquen las predicciones y repregunta para guiar el proceso.	estudiantes a reflexionar sobre las preguntas ni repregunta como para guiar el pensamiento.	los conocimientos previos de los escolares y sin hacer preguntas para considerar el aprendizaje de los estudiantes.
Observación, recolección, registro y sistematización de datos	Propone a los estudiantes actividades prácticas en las cuales deben observar, medir, recoger datos o información y los orienta en el registro de datos y manejo de variables. Hace énfasis en la necesidad de usar los datos como evidencia para responder a las preguntas planteadas y dar explicaciones.	Propone a los estudiantes actividades prácticas en las cuales deben observar, medir, recoger datos o información y los orienta en el registro de datos y manejo de variables.	Propone a los estudiantes actividades prácticas en las cuales deben observar, medir, recoger datos o información y los orienta en el registro de datos pero no indica cómo usar las variables.	Propone a los estudiantes actividades prácticas en las cuales deben observar, medir, recoger datos o información sin orientarlos en el manejo de las variables y en el registro de datos
Construcción de explicaciones	Está atento a las intervenciones de los estudiantes, pidiendo una argumentación lógica y evidencia que la sustente. Se asegura que comparen las explicaciones	Está atento a las intervenciones de los estudiantes, pidiendo una argumentación lógica y evidencia que la sustente. Ofrece a los estudiantes oportunidades para	Está atento a las intervenciones de los estudiantes, pidiendo diferentes puntos de vista pero no pide que estos se basen en evidencia y argumentación	Permite que los estudiantes expongan sus opiniones sin sustentar, valida las que considera más adecuadas.

	basadas en observaciones desarrolladas en las clases y las obtenidas de los libros u otras fuentes.	compartirlas.	lógica. Establece conclusiones de clases basadas en consensos.	
Discusión de ideas	Durante las discusiones promueve una clara diferenciación entre argumentos basados en evidencias y aquellos basados en opiniones personales.	Solicita evidencias para apoyar los argumentos que presentan los estudiantes al expresar sus conclusiones. En los casos en que la evidencia obtenida en clase sea insuficiente, acepta conclusiones sin un respaldo validado con los datos obtenidos.	Admite discusiones que no se soporten en datos o evidencias concretas.	No admite discusiones ni confrontación de ideas.

Fuente: SENACYT, 2017

Como se mencionó en el marco teórico, enseñar ciencias por indagación implica, en primer lugar, que los docentes diseñen experiencias de aprendizaje en torno a un problema o pregunta profunda (Friesen y Scott, 2013). El primer criterio observado está estrechamente ligado a este momento de planificación al establecer objetivos de aprendizaje y secuencias de actividades alineadas. También implica que los docentes deben asegurarse de que sus estudiantes formulen preguntas y realicen predicciones (NRC, 2012), este aspecto de la ECBI se evidencia en el segundo criterio observado.

En el marco teórico también se mencionó a la observación, la recolección y el registro de datos como prácticas fundamentales del proceso de enseñanza aprendizaje

centrado en la ECBI (NGSS, 2014). Estas se encuentran evidenciadas en el tercer criterio observado. Por otro lado, tal como se enunció anteriormente, la ECBI también supone que los docentes guíen a los estudiantes de manera estructurada hacia la construcción de explicaciones de dichos problemas o fenómenos a conocer (Friesen y David, 2013), un aspecto observado a partir del cuarto criterio. Por último, el quinto criterio rescata otra práctica científica implicada en la ECBI: el evaluar y comunicar la información (NGSS, 2014).

Con el fin de alcanzar el segundo objetivo específico y evaluar la relación de los diferentes criterios de implementación de ECBI observados en la práctica docente, se computaron correlaciones entre cada criterio con los otros cuatro criterios, para identificar cómo se comportan y determinar si los docentes que dominan cierto criterio tienden también a dominar algún otro. Se buscó rechazar la hipótesis nula que afirma que no existe correlación significativa entre los criterios en cuestión. Dada la presencia de dos variables continuas (promedios generales de cada criterio) y dado que el objetivo es conocer la magnitud de la relación entre los criterios en cuestión (Bonett y Wright, 2000), se computó una correlación de Pearson utilizando el software estadístico SPSS en su versión 25.

Para responder al tercer objetivo específico de esta investigación, analizar la asociación entre el nivel de implementación de la ECBI por parte de los maestros y el aprendizaje de sus estudiantes, se partió de la calificación otorgada a los docentes por los mentores según la rúbrica en cada observación. Se calculó un promedio por docente para cada criterio de la pauta de observación según la puntuación obtenida en las observaciones.

En segundo lugar, se calculó el promedio de respuestas correctas que los estudiantes alcanzaron en la prueba final del 2019 (el equivalente al puntaje promedio del grupo, ya que cada respuesta correcta vale 1). Nueve docentes dictaban dos grados distintos con lo cual se calculó un promedio de ambos grupos de estudiantes para obtener el promedio general para esos docentes.

En tercer lugar, se computaron cinco regresiones lineales para determinar la asociación por separado de cada criterio de la ECBI con el aprendizaje de los

estudiantes. Por tal motivo, los criterios fueron tomados como variables independientes y el aprendizaje de los estudiantes como la variable dependiente. Como criterio de significación estadística de la relación encontrada se tomó el 5%. Esto indica que si el p-valor es menor que 0,05 se rechaza la hipótesis nula y es posible afirmar que el criterio de ECBI analizado tiene una asociación positiva significativa con el aprendizaje de los estudiantes.

Por último, se construyó un modelo de regresión lineal múltiple tomando a todos los criterios de implementación de ECBI como variables independientes y el aprendizaje de los estudiantes como la variable dependiente¹ para determinar la asociación que tienen todos juntos con el aprendizaje de los estudiantes. Una vez más, como criterio de significación estadística de la relación encontrada se tomó el 5%. Esto indica que si el p-valor es menor que 0,05 se rechaza la hipótesis nula y es posible afirmar que la enseñanza de las ciencias basada en la indagación tiene una asociación positiva significativa con el aprendizaje de los estudiantes.

Aportes y limitaciones del estudio

Este estudio pretende dar cuenta de la importancia que tiene la enseñanza de las ciencias basada en la indagación en tanto metodología que promueve las habilidades científicas requeridas por los niños, niñas y jóvenes panameños para ser competentes en el escenario actual. Pretende aportar argumentos basados en evidencias a favor de transformar las experiencias de aprendizaje de las ciencias en los procesos de toma de decisiones, tanto de la SENACYT como de otras entidades gubernamentales panameñas.

Asimismo, reforzando la idea de que el docente es el principal agente de cambio y con influencia directa en los aprendizajes de los estudiantes, se espera aportar a la mejora continua del proceso de formación de los docentes de Hagamos Ciencia, generando una caracterización de los docentes a partir de lo observado, identificando el nivel con el que dominan las diferentes prácticas científicas y demostrando que cuanto

¹ La validez del modelo de regresión lineal fue computada con el test de ANOVA

mayor es el nivel de implementación de la metodología, mayores son los aprendizajes de sus estudiantes. Las relaciones entre los criterios, el nivel de implementación y la asociación entre el nivel de implementación y los aprendizajes pueden guiar mejoras en el programa así como el diseño o mejoras en otros programas de capacitación docente en ECBI. Los docentes del programa representan un porcentaje bajo de los docentes en servicio actualmente en el sistema educativo panameño, sin embargo, tras analizar los resultados de los estudiantes en pruebas internacionales, este estudio pretende dar cuenta de la importancia de mejorar la formación docente en la enseñanza de las ciencias, en todo el país. Al mismo tiempo, se busca enfatizar en la importancia del seguimiento en aula para asegurar la implementación de lo aprendido a largo plazo hasta lograr altos niveles de implementación.

Una de las limitaciones de este estudio es que la pauta de observación con la cual se recolectaron los datos únicamente considera algunas prácticas científicas involucradas en la enseñanza de las ciencias y mencionadas en los Estándares de Ciencia de Próxima Generación (NGSS), aquellas a las que la Dirección de Aprendizaje de la SENACYT les otorga más peso en los módulos de trabajo. Al mismo tiempo, los datos recolectados durante las observaciones de aula se basan en las percepciones de los mentores sobre cada criterio con lo cual no es posible afirmar con seguridad que lo que declararon en la pauta de observación efectivamente sucede en la realidad. No obstante, los mentores pasaron por una instancia de capacitación de uso de la herramienta dictada por la Dirección de Aprendizaje y realizaron prácticas para aunar criterios a la hora de calificar a los docentes utilizando videos de clases.

Dado que la dirección del programa no se propuso como objetivo evaluar con precisión el efecto del programa de formación en el dominio de las prácticas científicas por parte de los docentes participantes y en el aprendizaje de sus estudiantes durante la planificación y ejecución del programa, no se recolectaron datos de un grupo control con anticipación a esta tesis cuya elaboración inició ya culminado el programa. Por tal motivo, no es posible descartar otras posibles explicaciones de los resultados asociadas a las destrezas previas de los docentes. Es decir, al no contar con un grupo control, no es posible afirmar con precisión que lo observado y concluido sucede exclusivamente

gracias a la participación en programa de formación de Hagamos Ciencia, y no a otras variables presentes en el contexto de la intervención.



Universidad de
San Andrés

CAPÍTULO 2

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Nivel de implementación de los diferentes criterios de ECBI observados

Al analizar los puntajes promedios obtenidos por los docentes en cada uno de los criterios calificados por los mentores es posible observar en el Gráfico 3 que los mismos se encuentran progresando en todos. La tabla 4 además muestra que para todos los criterios observados la desviación estándar respecto a su promedio es igual o muy cercana a 0,7 puntos lo cual indica que existe variación de puntajes entre los docentes del programa en promedio. El criterio con menor dispersión fue el de preguntas y predicciones, mientras que los más dispersos son el objetivo del módulo y la construcción de explicaciones.

Tabla 4. Descriptivas de cada criterio observado.

Estadísticos descriptivos

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. Desviación
Objetivo del módulo y secuencia de actividades	245	1.00	4.00	2.32	0.72
Preguntas y predicciones	245	1.00	4.00	2.23	0.67
Observación, recolección, registro y sistematización de datos	245	1.00	4.00	2.23	0.70
Construcción de explicaciones	245	1.00	4.00	2.19	0.72
Discusión de ideas	245	1.00	4.00	2.25	0.71

Fuente: elaboración propia con SPSS versión 25

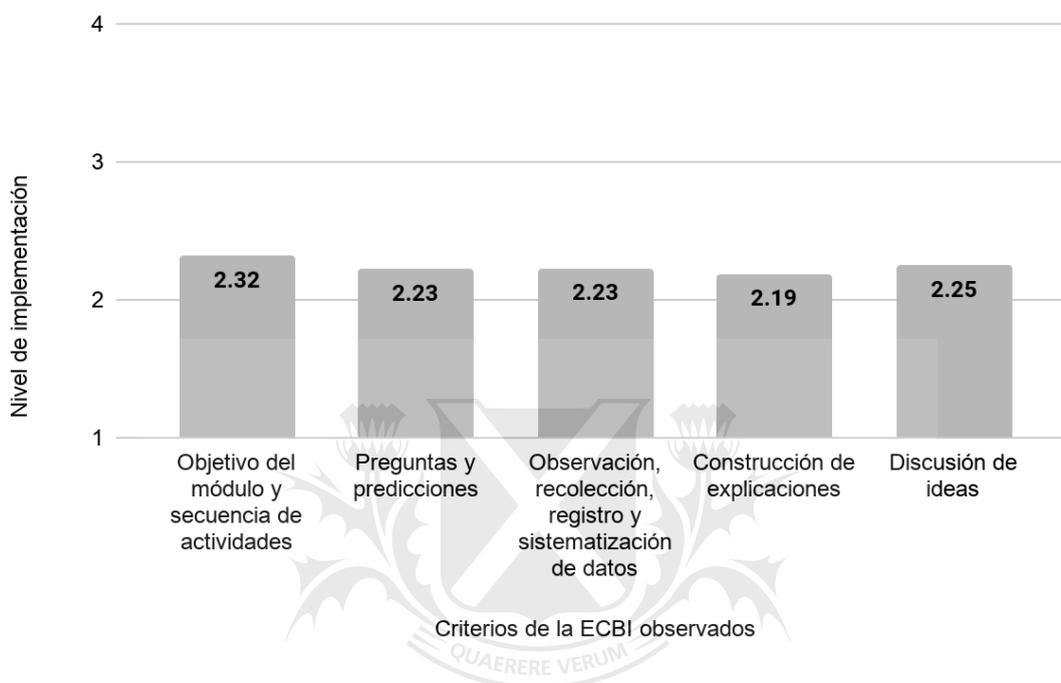
En promedio, respecto al objetivo del módulo y el planteamiento de secuencias de actividades alineadas los docentes de Hagamos Ciencias aún plantean objetivos de aprendizaje que son muy ambiciosos y, por lo tanto, no son posibles de alcanzarse por medio de la secuencia de actividades que proponen. Con relación a incentivar el planteamiento de preguntas, preguntas científicas y predicciones por parte de los estudiantes; en promedio, no se evidenció que los docentes del programa utilicen diferentes tipos de preguntas según los momentos de la clase, ni que promuevan el planteamiento de preguntas y predicciones por parte de los estudiantes. Si bien hacen preguntas ellos mismos e inducen a los estudiantes a hacerlas, no promueven la reflexión sobre las preguntas ni presentan a los estudiantes preguntas que guían sus secuencias de ideas.

Por otro lado, en lo que refiere a proponer a los estudiantes actividades prácticas en las cuales deben observar, medir, recoger datos o información, orientarlos en el registro de datos y manejo de variables y hacer énfasis en la necesidad de usar los datos como evidencia para responder a las preguntas planteadas y dar explicaciones; en general, los docentes de Hagamos Ciencia proponen a sus estudiantes actividades prácticas de este tipo y los orientan en el registro de datos, pero no hacen énfasis en la necesidad de usar los datos como evidencia para responder a las preguntas planteadas y dar explicaciones. Mientras que, en lo relativo a construir explicaciones, en general están atentos a las intervenciones de los estudiantes, pidiendo diferentes puntos de vista, pero no piden que estos se basen en evidencia y argumentación lógica. Establecen conclusiones de las clases más bien basadas en consensos. No se aseguran que los estudiantes comparen las explicaciones basadas en observaciones desarrolladas en las clases, y las obtenidas de los libros u otras fuentes para generar explicaciones lógicas y posibles de ser sustentadas. Esta es la práctica científica que menos dominan los docentes del programa Hagamos Ciencia.

Por último, con relación a promover una clara diferenciación entre argumentos basados en evidencias y aquellos basados en opiniones personales durante las discusiones; en promedio, los docentes de Hagamos Ciencia admiten discusiones en sus

clases, pero estas no se sustentan en datos o en evidencias científicas. Esto no permite que los estudiantes diferencien argumentos lógicos de opiniones personales.

Gráfico 3. Puntaje promedio obtenido por los docentes en cada uno de los criterios observados.

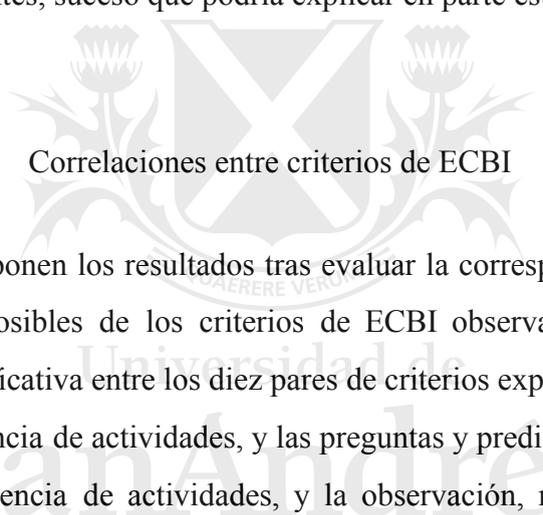


Fuente: elaboración propia

Estos resultados indican que los docentes de Hagamos Ciencia alcanzan un nivel relativamente bajo de implementación de la ECBI en sus clases. Esto puede deberse a que aquellos que fueron observados llevan entre uno y tres años participando en el programa, pero no se conoce con exactitud el tiempo de participación de cada uno. Considerando que, en promedio, podrían llevar pocos años participando, es esperable que no alcancen altos niveles de implementación de la ECBI aún (NCR, 2000).

Si bien los docentes del programa se benefician de ciertos de los atributos que han demostrado tener relación con la efectividad de su práctica tales como el seguimiento de un profesional y el participar de encuentros de formación en los cuales se les brindan oportunidades de aprendizaje constructivistas (NCR, 2000; Garet *et al*, 2001, Diconu *et al*, 2010), todavía no logran implementar de manera relativamente

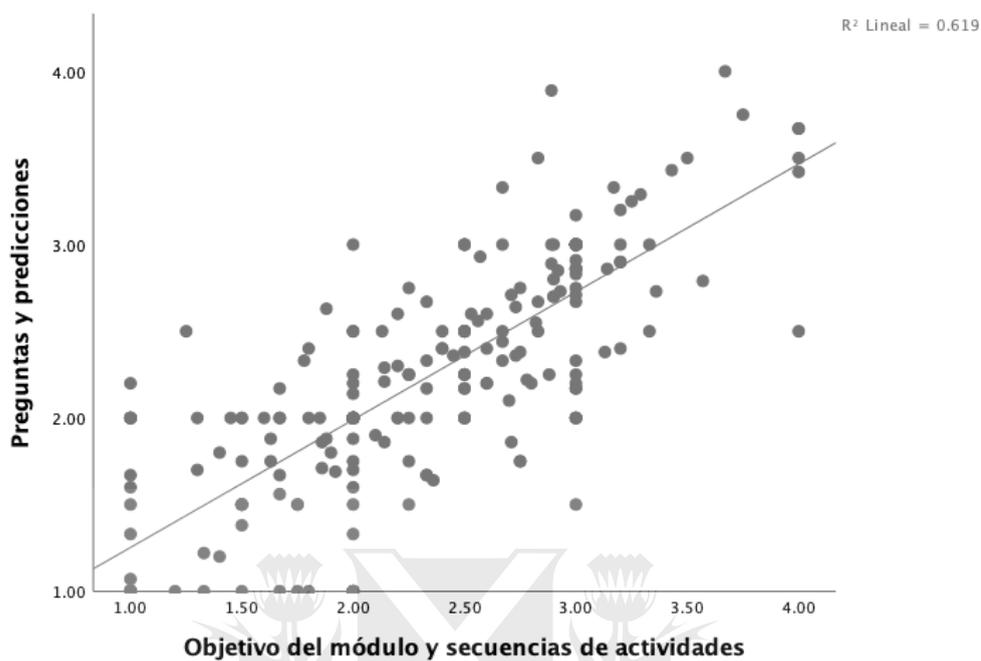
efectiva las prácticas de ECBI en sus clases. Esto puede deberse a falencias en su formación, tanto de base como la formación continua una vez ingresan al programa. Anteriormente se mencionó la importancia que tiene para los docentes el adquirir conocimientos acerca del contenido que enseñarán, es decir, desarrollar una formación teórica sólida. Al mismo tiempo, como se mencionó en el Capítulo 4 las últimas capacitaciones recibidas por los docentes del programa no estaban centradas en desarrollar conocimientos sobre el contenido que los docentes debían impartir, tampoco estaban diseñadas exclusivamente para aprender a enseñar por indagación (aunque al momento de incorporarse al programa, todas las escuelas recibieron una inducción más de tipo personalizada). Desarrollar la faceta indagatoria de los docentes durante el 2019 quedó supeditada exclusivamente al seguimiento de los mentores y sus espacios de reflexión con los docentes, suceso que podría explicar en parte estos resultados.



Correlaciones entre criterios de ECBI

En esta sección se exponen los resultados tras evaluar la correspondencia de todos los pares de relaciones posibles de los criterios de ECBI observados. Se encontró una relación positiva significativa entre los diez pares de criterios explorados: (1) el objetivo del módulo y la secuencia de actividades, y las preguntas y predicciones; (2) el objetivo del módulo y la secuencia de actividades, y la observación, recolección, registro y sistematización de datos; (3) el objetivo del módulo y la secuencia de actividades, y la construcción de explicaciones; (4) el objetivo del módulo y la secuencia de actividades, y la discusión de ideas; (5) las preguntas y predicciones y la observación, recolección, registro y sistematización de datos; (6) las preguntas y predicciones y la construcción de explicaciones; (7) las preguntas y predicciones y la discusión de ideas; (8) la observación, recolección, registro y sistematización de datos, y construcción de explicaciones; (9) la observación, recolección, registro y sistematización de datos, y la discusión de ideas; y por último (10) la construcción de explicaciones y la discusión de ideas.

Gráfico 4. Correlación entre el objetivo del módulo y la secuencia de actividades, y las preguntas y predicciones.



Fuente: elaboración propia con el software SPSS versión 25

Entre el objetivo del módulo y la secuencia de actividades, y las preguntas y predicciones; se encontró una correlación positiva altamente significativa: a mayor dominio del objetivo del módulo por parte de los docentes del programa, se evidenció una tendencia mayor hacia promover el planteamiento de preguntas, preguntas científicas y predicciones ($r(245) = .786$, $p\text{-valor} < .001$).

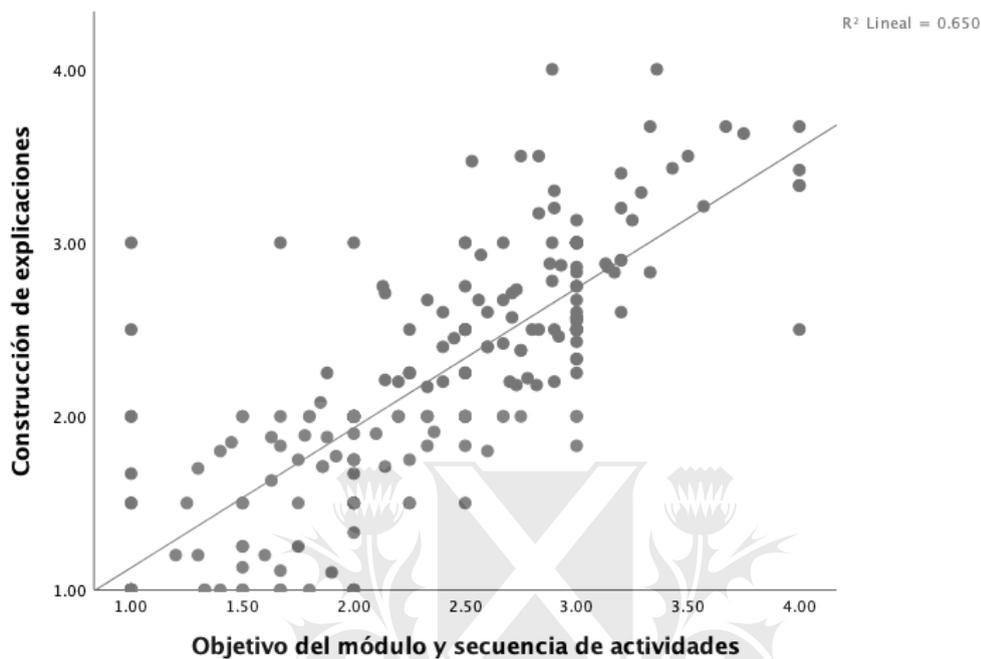
Gráfico 5. Correlación entre el objetivo del módulo y la secuencia de actividades, y la observación, recolección, registro y sistematización de datos.



Fuente: elaboración propia con el software SPSS versión 25

También se encontró una correlación positiva altamente significativa entre las variables: dominio del objetivo del módulo y proponer a los estudiantes actividades prácticas en las cuales deben observar, medir, recoger datos o información; orientarlos en el registro de datos y manejo de variables; y hacer énfasis en la necesidad de usar los datos como evidencia para responder a las preguntas planteadas y dar explicaciones. A mayor dominio del módulo, se observó con más frecuencia que fomentaron el medir, registrar y trabajar con datos y los orientan en dicho proceso ($r(245) = .810$, p -valor $<.001$).

Gráfico 6. Correlación entre el objetivo del módulo y la secuencia de actividades, y la construcción de explicaciones.



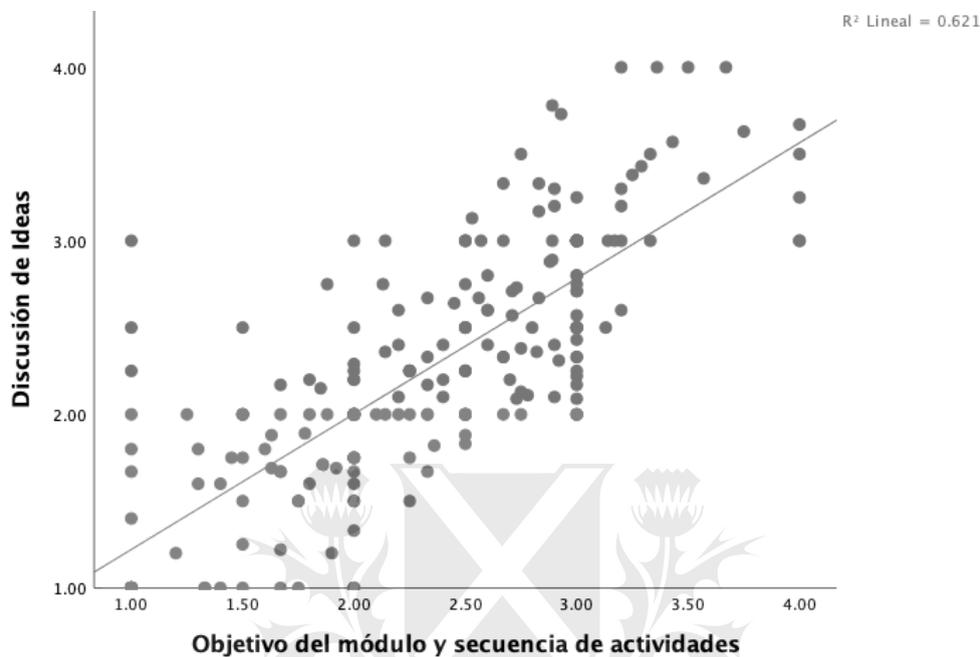
Fuente: elaboración propia con el software SPSS versión 25

Universidad de

San Andrés

Adicionalmente se comprobó que a mayor dominio del módulo, hubo una tendencia mayor a fomentar la construcción de explicaciones por parte de los estudiantes, es decir, la argumentación lógica y el uso de evidencia que la sustente. También tiendieron a comparar las explicaciones basadas en observaciones desarrolladas en las clases con las obtenidas de los libros u otras fuentes. La relación fue significativa ($r(245) = .806$, $p\text{-valor} < .001$).

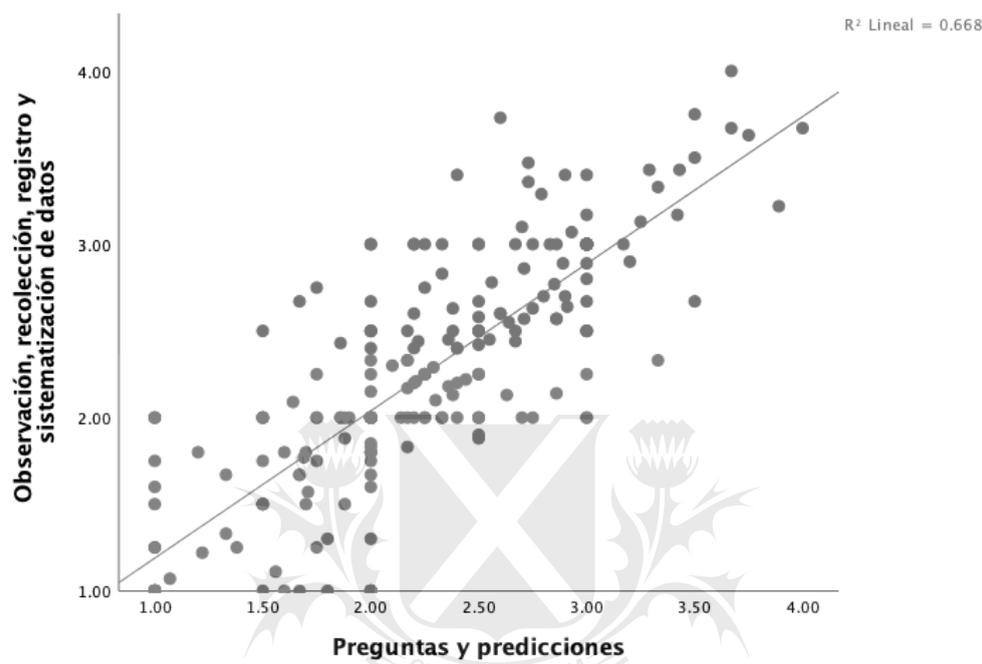
Gráfico 7. Correlación entre objetivo del módulo y secuencia de actividades, y la discusión de ideas.



Fuente: elaboración propia con el software SPSS versión 25

Se encontró una correlación positiva altamente significativa entre las variables: objetivo del módulo y secuencia de actividades, y promover una clara diferenciación entre argumentos basados en evidencias y aquellos basados en opiniones personales durante las discusiones. A mayor dominio del módulo, se observó con más frecuencia que los docentes de Hagamos Ciencia fomentaron esta diferenciación en los momentos de debate entre los estudiantes ($r(245) = .788$, p -valor $< .001$).

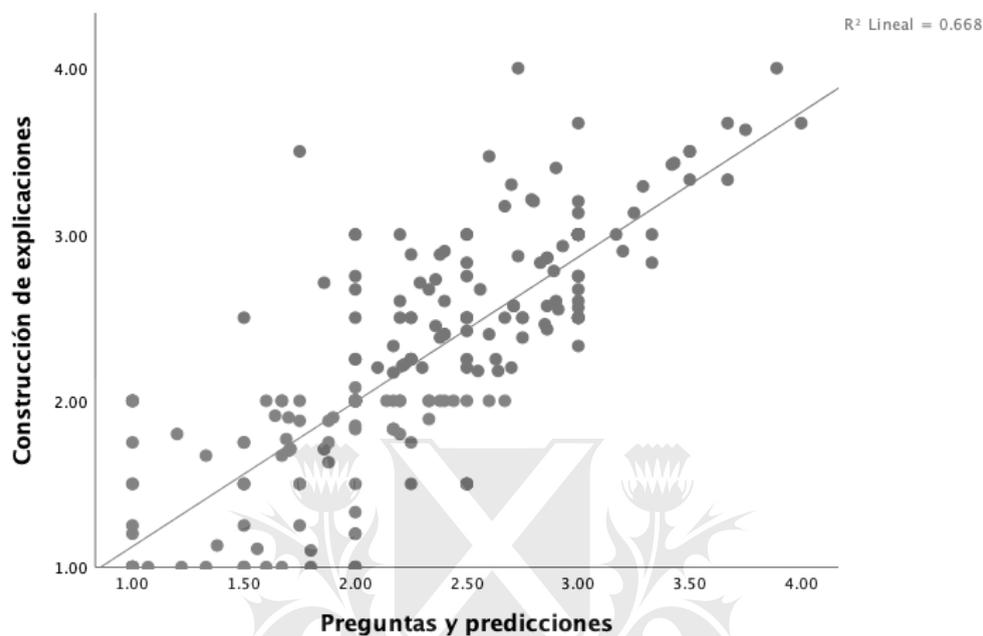
Gráfico 8. Correlación entre las prácticas preguntas y predicciones, y la observación, recolección, registro y sistematización de datos.



Fuente: elaboración propia con el software SPSS versión 25

Se comprobó que cuanto más se incentivó el planteamiento de preguntas, preguntas científicas y predicciones por parte de los estudiantes, hubo mayor propuesta a los estudiantes de actividades prácticas en las cuales deben observar, medir, recoger datos o información. También estuvo más presente la orientación en el registro de datos y manejo de variables y hubo mayor énfasis en la necesidad de usar los datos como evidencia para responder a las preguntas planteadas y dar explicaciones. La relación fue significativa ($r(245) = .817$, $p\text{-valor} < .001$).

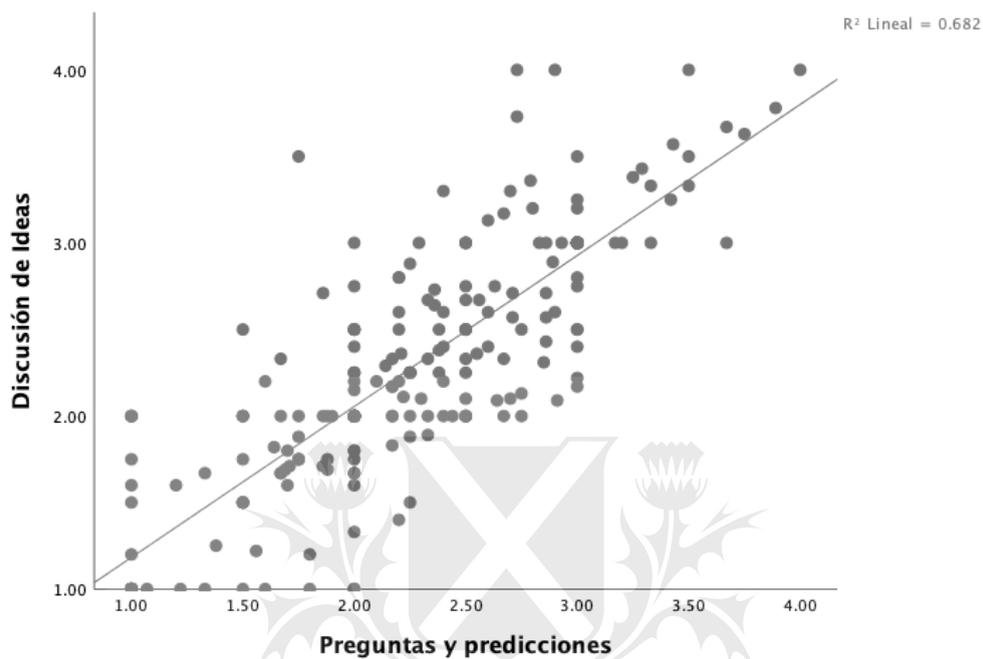
Gráfico 9. Correlación entre preguntas y predicciones y construcción de explicaciones.



Fuente: elaboración propia con el software SPSS versión 25

Entre las variables: preguntas y predicciones y construcción de explicaciones; también se encontró una relación positiva y significativa ($r(245) = .817$, $p\text{-valor} < .001$). Los docentes que plantearon preguntas y fomentaron las predicciones, tendieron a lograr una argumentación lógica y evidencia que la sustentaba durante las intervenciones de los estudiantes. También lograron que los estudiantes comparen explicaciones basadas en observaciones que hicieron en clases con las explicaciones de otras fuentes.

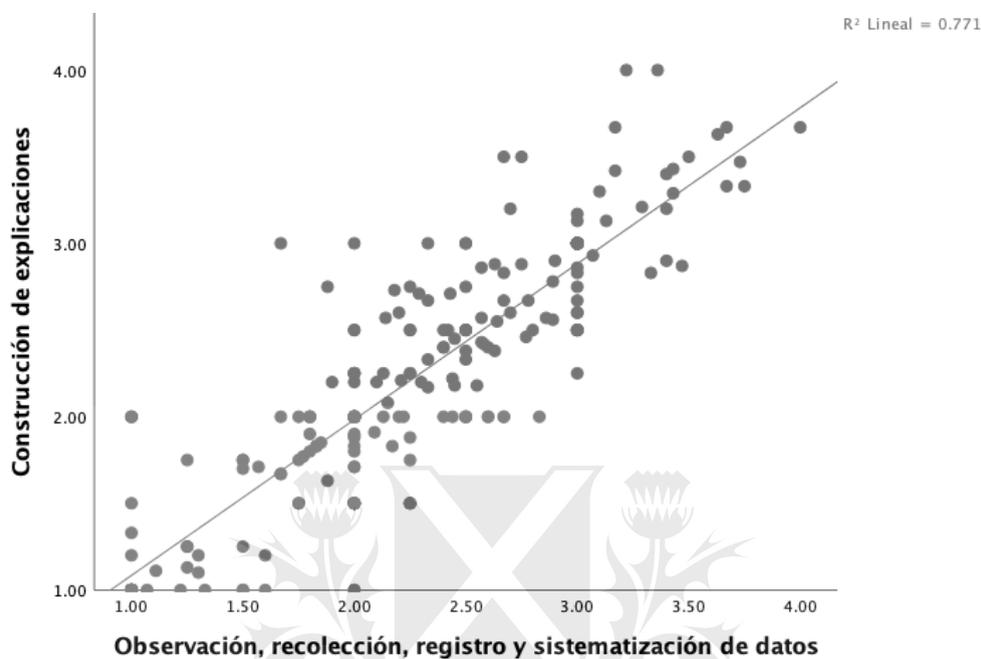
Gráfico 10. Correlación entre preguntas y predicciones y discusión de ideas.



Fuente: elaboración propia con el software SPSS versión 25

Por otra parte, se comprobó que cuanto más se plantearon preguntas, preguntas científicas y se realizaron predicciones por parte de los estudiantes, se fomentó en mayor medida la diferenciación entre argumentos basados en evidencias y aquellos basados en opiniones personales durante las discusiones entre los estudiantes. La relación fue significativa ($r(245) = .826$, $p\text{-valor} < .001$).

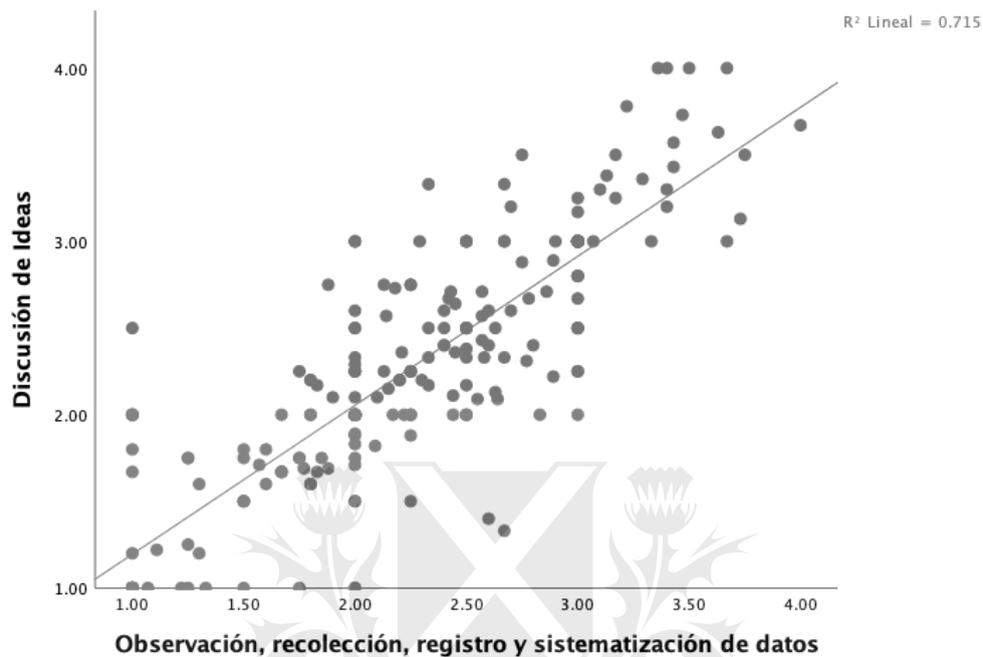
Gráfico 11. Correlación entre observación, recolección, registro y sistematización de datos, y construcción de explicaciones.



Fuente: elaboración propia con el software SPSS versión 25

Se encontró una correlación positivamente significativa entre la observación, recolección, registro y sistematización de datos, y construcción de explicaciones ($r(245) = .878$, $p\text{-valor} < .001$). Los docentes del programa que promovieron la observación, la recolección y medición de datos, que orientaron a sus estudiantes en el registro y el control de variables y que hicieron énfasis en la necesidad de usar los datos como evidencia para responder preguntas; tendieron a lograr mejores explicaciones por parte de sus estudiantes (lógicas y basadas en evidencias) durante las clases. Esta fue la segunda correlación con más fuerza encontrada.

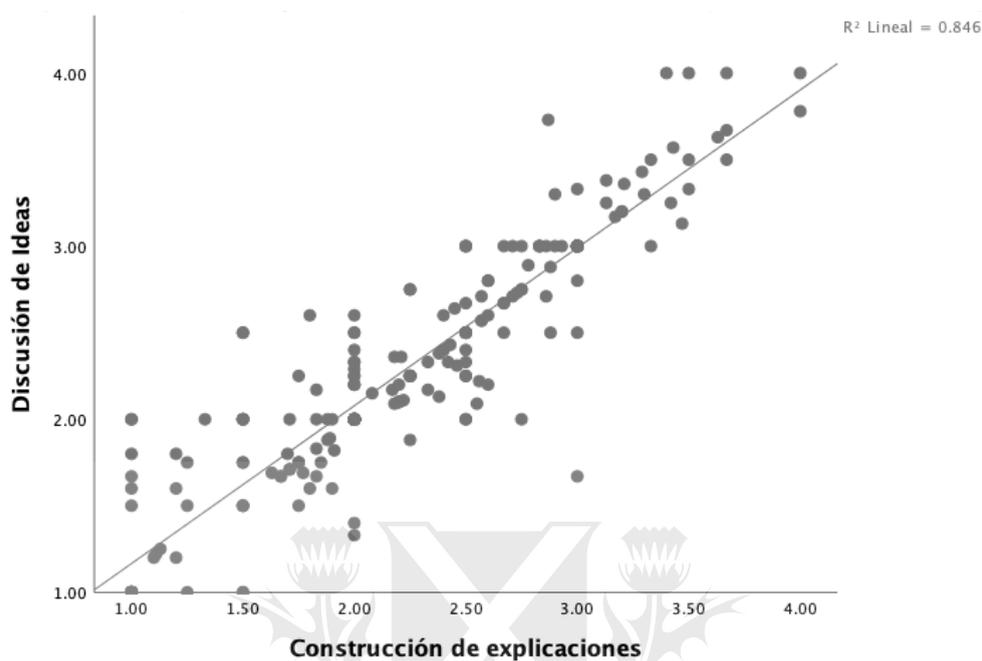
Gráfico 12. Correlación entre observación, recolección, registro y sistematización de datos, y discusión de ideas.



Fuente: elaboración propia con el software SPSS versión 25

La observación, la recolección, el registro y la sistematización de datos; también tiene una relación positiva altamente significativa con la discusión de ideas ($r(245) = .846$, $p\text{-valor} < .001$). Quienes dominaron el primer criterio tendieron a alcanzar claras diferenciaciones entre argumentos basados en evidencias y aquellos basados en opiniones personales durante las discusiones.

Gráfico 13. Correlación entre construcción de explicaciones y discusión de ideas.



Fuente: elaboración propia con el software SPSS versión 25

Por último, también se comprobó que cuanto más se fomentó la argumentación lógica y la utilización de evidencia, más se observó una diferenciación entre argumentos basados en evidencias y aquellos basados en opiniones personales durante las discusiones ($r(245) = .920$, $p\text{-valor} < .001$). Esta fue la correlación con más fuerza encontrada.

La fuerza encontrada en estas correlaciones es alentadora, en tanto demuestra cierta intención por parte de los docentes de trabajar los criterios de manera asociada y no separada. También podrían indicar que los docentes están fomentando que los estudiantes conozcan el quehacer científico completo, y no solo una parte del mismo. Esto deja ver ciertas evidencias de que, en algunos casos, se está trabajando de manera integrada la ciencia como proceso y favoreciendo, por consiguiente, un aprendizaje duradero.

Asociación entre el nivel de implementación de las estrategias de ECBI y el
aprendizaje de los estudiantes

Para lograr una comprensión más acabada de la asociación entre el nivel de implementación de las estrategias de ECBI con el aprendizaje de los estudiantes es importante presentar brevemente cómo rindieron los estudiantes en las pruebas. Se consideraron para este análisis únicamente los estudiantes de los docentes de la muestra. Las respuestas en las bases de datos de la SENACYT se encuentran codificadas con 1 cuando la respuesta del estudiante fue correcta y 0 cuando la respuesta fue incorrecta. Como cada respuesta correcta vale 1 punto, se calculó el promedio de porcentaje de aciertos de cada grado en la prueba. La Tabla 5 es coherente con el problema relacionado a los aprendizajes en Ciencias presentado en la primera parte de esta tesis: los desempeños de los estudiantes panameños en esta materia son bajos. Más precisamente, la tabla muestra que los estudiantes del programa Hagamos Ciencia aún alcanzan un promedio de aciertos relativamente bajo. Los de 4° grado obtuvieron un 43% de aciertos en la prueba, un poco más que sus pares de 6° grado que alcanzaron un 40%. Por su parte, los estudiantes de 5° grado alcanzaron un 37%.

Tabla 5. Descriptivas de los resultados de la prueba

Estadísticos descriptivos

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. Desviación
4° grado	709	0	1,00	0,43	0,19
5° grado	807	0	1,00	0,37	0,18
6° grado	697	0	0,93	0,40	0,17

Fuente: elaboración propia con SPSS versión 25

A continuación, se presentan las cinco regresiones lineales computadas entre cada criterio de la ECBI observado y el aprendizaje de los estudiantes. De manera

independiente cada uno de los cinco criterios tomados por separado fueron predictores significativos del aprendizaje de los estudiantes. El criterio que explicó en mayor proporción la varianza de la variable dependiente fue las preguntas y predicciones, logrando explicar el 12% de la varianza del aprendizaje ($F(245) = 32.79, p < .001, R^2 = .119$).

El resultado del análisis de asociación de la variable objetivo y secuencia de actividades con el aprendizaje de los estudiantes indicó una asociación positiva y significativa ($F(245) = 18.92, p < .001, R^2 = .072$). Dicha variable explicó el 7% de la varianza del aprendizaje. También se encontró una asociación positiva del criterio observación, recolección, registro y sistematización de datos con el aprendizaje de los estudiantes de los docentes del programa ($F(245) = 23.16, p < .001, R^2 = .087$). El criterio construcción de explicaciones también se asoció positiva y significativamente ($F(245) = 30.11, p < .001, R^2 = .11$) y es la segunda variable que explicó en mayor proporción la varianza en el aprendizaje de los estudiantes (11%). Por último, la variable discusión de ideas también demostró una asociación positiva y significativa con la variable dependiente ($F(245) = 29.19, p < .001, R^2 = .107$).

Para determinar la asociación entre el nivel de implementación de todos los criterios de ECBI en conjunto con el aprendizaje de los estudiantes se computó un modelo de regresión lineal múltiple. Los resultados de la regresión indicaron que el modelo explicó el 13% de la varianza de la variable dependiente y que en conjunto todas las variables fueron un predictor significativo del aprendizaje de los estudiantes ($F(245) = 7.16, p < .001, R^2 = .13$).

Mientras que el nivel de implementación del criterio preguntas y predicciones contribuyó significativamente al modelo ($t = 2.15, p = .003$), el resto de las variables no lo hizo. Sin embargo, como se mencionó al inicio de esta sección, al evaluar la asociación de cada variable por separado con el aprendizaje, todas mostraron asociación positiva y significativa. Al mismo tiempo, todas las variables se encuentran fuertemente correlacionadas unas con otras, lo cual podría explicar que en el modelo de regresión múltiple se alcance que la asociación positiva significativa se atribuya solamente a una de las cinco variables. El modelo predictivo final fue:

$A = 0,291 + 0,037Z$, donde A es aprendizaje de los estudiantes y Z es el nivel de implementación del criterio relacionado a la práctica de fomentar preguntas y predicciones

Estos resultados confirman la hipótesis planteada al evidenciar que existe una asociación positiva y significativa entre el nivel de implementación de la ECBI y los aprendizajes de los estudiantes. El modelo de regresión computado permite incluso anticipar que cuando el docente domina satisfactoriamente un determinado criterio, sus estudiantes demuestran mayores aprendizajes en las pruebas.



Universidad de
San Andrés

CAPÍTULO 3

CONCLUSIONES

El objetivo general de esta tesis busca analizar los modos de implementación de la enseñanza de las ciencias basada en la indagación y su asociación con el aprendizaje de los estudiantes participantes del programa Hagamos Ciencia durante el 2019. Para alcanzar esto se propuso:

- Identificar el nivel de implementación de los diferentes criterios de ECBI por parte de los docentes del programa Hagamos Ciencia durante el 2019.
- Evaluar la relación de los diferentes criterios de implementación de ECBI observados en la práctica docente unos con otros.
- Analizar la asociación entre el nivel de implementación de la ECBI por parte de los docentes y el aprendizaje de sus estudiantes.

Tras analizar las observaciones realizadas por los mentores de los docentes de Hagamos Ciencia y los resultados de las pruebas aplicadas a sus estudiantes, es posible identificar tres conclusiones principales que se exponen y desarrollan a continuación.

1. Los docentes de Hagamos Ciencia son una población iniciada pero aún principiante en la implementación de ECBI.

El resultado del análisis arrojó un nivel de implementación ligeramente superior a dos en una escala del uno al cuatro para todos los criterios de implementación. Para todos los criterios observados, hubo solo cierta evidencia de su aplicación, con promedios de entre 2 y 2,5. Se observa un promedio bajo en el nivel de utilización de algunas de las prácticas científicas presentadas en el marco teórico de esta investigación. Hubo un poco más de evidencia en el objetivo y la secuencia de actividades por sobre los otros criterios. Los docentes del programa aún plantean objetivos de aprendizaje amplios y difíciles de alcanzar a través de las actividades que proponen. En general, hacen preguntas e inducen a los estudiantes a hacerse preguntas.

Sin embargo, no diferencian el tipo de preguntas según el momento de la clase ni guían la secuencia de ideas de los estudiantes a partir de la reflexión y las preguntas. Al mismo tiempo, proponen a sus estudiantes actividades prácticas en las cuales deben observar, medir, recoger datos o información, pero se concentran más en el registro de datos que en la utilización de dichos datos como evidencia para responder preguntas y dar explicaciones. En general, están atentos a las intervenciones de los estudiantes y buscan que expresen sus opiniones, pero no alcanzan conclusiones con base en evidencias y argumentación lógica. También admiten discusiones en sus clases, pero estas no se sustentan en datos o en evidencias científicas.

Los criterios observados son prácticas científicas necesarias durante el siglo XXI para proveer a los estudiantes una educación científica de referencia internacional. A la luz de la propuesta de los NGSS, los docentes de Hagamos Ciencia deberían lograr con sus estudiantes formular preguntas sobre textos leídos, sobre los fenómenos que se observan y las conclusiones alcanzadas por otras investigaciones. También deberían incentivar a sus estudiantes a planificar y llevar a cabo investigaciones: establecer objetivos, predecir resultados y establecer los pasos para encontrar la mejor evidencia que respalde las conclusiones. Deberían fomentar el uso de una variedad de herramientas para tabular, representar de manera gráfica, visualizar y analizar estadísticamente datos e interpretarlos a partir de la identificación de características significativas y patrones. También deberían llevar a sus estudiantes a construir explicaciones de la relación entre una o más variables con otra variable o conjunto de variables, y a poner en juego el razonamiento y la formulación de argumentos basados en evidencia para elaborar la mejor explicación de un fenómeno natural (NGSS, 2014).

A la luz de lo expuesto en el marco teórico de esta tesis y como se mencionó anteriormente, esto puede deberse a que los docentes observados llevaban poco tiempo participando en el programa (entre uno a tres años). Teniendo en cuenta esto, es esperable que no alcancen altos niveles de implementación de la ECBI aún (NCR, 2000; Darling-Hammond *et al*, 2009). Además, es probable que el modelo transmisivo tan característico del contexto latinoamericano (Furman, 2020; Furman y Podestá, 2010; Valverde y Näslund Halley, 2010) posea influencia sobre la manera de enseñar de los

docentes del programa, lo cual podría indicar que su punto de partida en relación a la ECBI en ese momento, aún era bajo.

Otra posible explicación de este hallazgo podría relacionarse con que los docentes de Hagamos Ciencia se encuentren frente al desafío que implica la transposición didáctica del conocimiento y del proceso que realizan los científicos al aula, dificultades para convertir dicho conocimiento y el proceso científico en un conocimiento y un proceso cercano a la realidad de los estudiantes (Izquierdo *et al*, 1999 citado en Meinardi *et al*, 2002). Esto cobra especial relevancia si se considera que no se cuenta con información acerca del propio conocimiento acerca del proceso científico por parte de los docentes del programa.

Sin embargo, es importante mencionar ciertas limitaciones metodológicas para extraer conclusiones precisas de esta parte del estudio. Como se mencionó anteriormente, la dirección de programa no se propuso como un objetivo evaluar el efecto de su programa de formación en la práctica de los docentes. Por lo tanto, no se realizaron observaciones a un grupo control. Esto imposibilita determinar con rigor si los niveles alcanzados por los docentes del programa en el tiempo de implementación de ECBI que llevan, son niveles satisfactorios o no, en comparación con los logrados por docentes en el mismo contexto que no estuviesen utilizando la metodología ECBI. En este punto resultaría interesante realizar futuros estudios con grupo control.

Dada la inversión de recursos en un programa como Hagamos Ciencia y que el nivel de implementación documentado puede resultar por debajo de lo esperado, los resultados ponen en juego la idea de que los docentes de Hagamos Ciencia están logrando trabajar exitosamente la ciencia como proceso y como herramienta para que los estudiantes incorporen a su cosmovisión del mundo (NRC, 2012). Esto podría llevar a considerar estrategias importantes para aumentar el nivel de absorción de lo impartido en su capacitación docente con el fin de observar mejor implementación en el aula, tanto en Hagamos Ciencia como en otros programas similares.

En el Capítulo 3 de la primera parte de esta tesis se resaltó el éxito de la mentoría como estrategia que ha demostrado ser efectiva en la formación docente de calidad. El nivel de implementación de las estrategias de ECBI por parte de los docentes

de Hagamos Ciencia no brinda pistas acerca de la efectividad de dicha estrategia en el contexto del programa. En futuras investigaciones, resultaría interesante indagar sobre las posibles causas o características del programa que estén limitando la implementación y/o efectividad de la mentoría. Considerar incorporar otras prácticas de formación docente continua que han tenido éxito en otros países del mundo podría ser beneficioso. Garet *et al* (2001) y Penuel *et al* (2007), por ejemplo, han demostrado que el modelaje de estrategias de enseñanza durante el proceso de formación ha significado mejoras en la calidad de la enseñanza de los docentes que han estudiado. En otros casos incluso se ha llegado a concluir que un mayor esfuerzo en profundizar en los contenidos de enseñanza, en mejorar la comprensión conceptual de los profesores y en ayudarlos a entender la naturaleza de la disciplina, sus conexiones y el modo como progresa; también favorecen a mejores prácticas de aula (Joyce y Showers, 1982; Garet *et al*, 2001; Borko, 2004; De las Alas y Smith, 2008). Otro tipo de prácticas con buenos resultados son las comunidades de aprendizaje y el seguimiento entre pares, que se caracterizan por el intercambio de experiencias y el trabajo colaborativo entre diferentes maestros (Joyce y Showers, 1996; Borko, 2004).

Ávalos (2007) también dió cuenta de que la duración en el tiempo de las actividades de formación y coherencia interna de las mismas es de suma importancia para alcanzar mejores desempeños en los estudiantes a través de la práctica docente. Asegurar la ejecución de un seguimiento equitativo y organizado para todos los docentes del programa podría ayudar a lograr una coherencia interna entre la formación inicial de los maestros y la formación continua que llevan adelante con ellos. En este punto, resultaría interesante evaluar la relación entre la cantidad de sesiones de seguimiento y observaciones que tuvieron los docentes de Hagamos Ciencia con el promedio alcanzado en cada criterio. De esta forma se podría conocer si aquellos docentes que recibieron un seguimiento más prolongado en el número de visitas a su clase, han logrado dominar mejor las prácticas ECBI. Esto permitiría tomar decisiones importantes respecto a la necesidad de repensar la formación continua o las formas de establecer el seguimiento entre mentores y docentes, para este y para otros programas similares.

- 2. La fuerte correlación encontrada entre cada par de criterios analizados podría indicar que existe cierta intención por parte de los docentes de fomentar las prácticas científicas de manera asociada unas con otras. Sin embargo, limitaciones de datos y metodológicas impiden afirmar si el dominio de las prácticas se debe a haber participado del programa de formación de Hagamos Ciencia.**

El resultado del análisis del segundo objetivo específico arrojó que los docentes que obtienen niveles más altos de implementación de un determinado criterio logran también niveles más altos de implementación en los demás. A continuación, vale la pena detenerse en las correlaciones más fuertes encontradas. La más fuerte fue entre proponer a los estudiantes actividades prácticas en las cuales deben observar, medir, recoger datos o información, registrarlos, manejar variables; y promover una clara diferenciación entre argumentos basados en evidencias y aquellos basados en opiniones durante la discusión de ideas. Según Osborne *et al* (2004) la argumentación, es decir, la coordinación de la evidencia y la teoría para apoyar o refutar una conclusión (Suppe, 1998 citado en Osborne *et al* 2004) es una tarea epistémica y un proceso de discurso sumamente importante en la ciencia. Los autores también afirman que, “desarrollar, evaluar y revisar argumentos científicos representa un elemento esencial de cualquier educación científica contemporánea” (traducción propia de Osborne *et al*, 2004: 3).

También se encontró una correlación muy fuerte entre la discusión de ideas, y las preguntas y predicciones. Este hallazgo muestra que en aquellas clases en las que se evidenció la formulación de preguntas y predicciones, también estuvo presente la discusión de ideas. Según la literatura, esto aporta a generar un clima de aprendizaje en el cual se promueve la creación de sentido colectivo (Erdogan y Campbell, 2008). Benedict-Chambers *et al* (2017) y Roca Tort (2005) coinciden en que las preguntas, estimulan el pensamiento crítico y llevan a los estudiantes más allá de la puesta en juego de habilidades de pensamiento básicas en las que recuerdan y memorizan hechos o simplemente describen los pasos de un experimento, por ejemplo. A partir de realizar preguntas que fomenten las predicciones como “¿qué pasaría si...?” o “¿qué relación

creen que exista entre...?”, los docentes podrían impulsar a los estudiantes a discutir diferentes aspectos de un fenómeno y a poner en juego habilidades de pensamiento de orden superior (Van Booven, 2015 citado en Benedict-Chambers *et al*, 2017). A medida que los estudiantes le otorgan sentido a sus investigaciones, las preguntas y predicciones pueden enriquecer las discusiones en el camino hacia construir explicaciones basadas en evidencias. Esto facilita un clima de aprendizaje en el que los estudiantes se involucran en discusiones y análisis, al igual que muchos científicos (Crawford, 2000).

La tercera correlación fuerte en la cual vale la pena profundizar, fue la encontrada entre proponer a los estudiantes actividades prácticas en las cuales deben observar, recolectar, registrar y sistematizar datos; y la construcción de explicaciones. Esto demuestra que los docentes del programa que se enfocan en la recolección, el registro y el manejo de datos también se esfuerzan en que sus estudiantes construyan explicaciones lógicas y basadas en esos datos. La importancia de esta relación radica en que, tal como proponen los NGSS, los docentes evitan la simple transmisión de información a los estudiantes para ayudarlos a construir explicaciones de fenómenos y confirmar las hipótesis. Según Krajcik *et al* (2014), “esto requiere que los estudiantes desarrollen modelos explicativos, muestran cadenas de razonamiento que brinden explicaciones y usen evidencia para justificar sus ideas” (traducción propia, 2014: 173).

Retomando aportes de Walsh y McGowan (2017), el hecho de que en dos de las correlaciones más fuertes resalte la práctica de observar, medir, recoger datos o información, registrarlos, manejar variables; sumado a que el promedio de aplicación más bajo encontrado fue precisamente el de construir explicaciones, podría indicar que los docentes todavía se ubican dentro de un enfoque de indagación tradicional para la enseñanza de las ciencias al centrarse en una parte del proceso científico: la experimentación en este caso. Los docentes estarían ofreciendo investigaciones en el aula que colocan a los estudiantes como científicos, pero fuera de los procesos de la comunidad científica más amplia, incluyendo la argumentación basada en evidencia y la divulgación de resultados. Además, podría implicar que se ofrecen oportunidades limitadas a los estudiantes para participar en los aspectos sociales importantes del

aprendizaje que surgen del compromiso con las comunidades profesionales de práctica (Bruner, 2009 citado en Walsh y McGowan, 2017).

La fuerza encontrada en estas correlaciones demuestra cierta intención por parte de los docentes de fomentar las prácticas científicas de manera asociada unas con otras. También podrían indicar que los docentes están fomentando que los estudiantes conozcan el quehacer científico completo, y no solo una parte del mismo, aunque en un nivel de implementación bajo de cada criterio de acuerdo al primer hallazgo. Esta última interpretación resulta más probable si se considera que, al ver el nivel de implementación de los diferentes criterios de ECBI, se notan promedios de implementación muy similares en todos. Esto deja ver un camino inicial hacia el desarrollo de ciertas habilidades científicas para la vida, gran parte de los beneficios que una educación en ciencias tiene para los estudiantes.

Ahora bien, vale la pena mencionar que otra posible explicación de estos resultados podría ser que esto sucede simplemente porque hay docentes que dominan esas prácticas mejor que otros. Además, los motivos pueden ser varios: ya sea, porque atravesaron otros programas de formación con anterioridad, porque se interesaron y aprendieron sobre ECBI anteriormente por su cuenta, etc. Para evaluar con mayor precisión si es el programa de formación de Hagamos Ciencias la variable que está logrando afianzar este tipo de destrezas en los docentes, una vez más resultaría necesario comparar observaciones con un grupo control.

A modo de recomendación a partir de lo observado, dado que todas las prácticas se encuentran muy correlacionadas entre sí, sería oportuno que durante la formación docente se trabajen de manera integrada unas con otras y de manera transversal a todas las actividades de capacitación que se ofrezcan. Ávalos (2007) nota que la coherencia interna de la formación docente es de suma importancia a la hora de evaluar su efectividad. La autora también sostiene que los programas de formación que integran de manera coherente las actividades que proponen suelen alcanzar mayores niveles de efectividad. Los programas de formación docente en la región latinoamericana no siempre demuestran esta coherencia interna (Ávalos, 2007). Por tal motivo, vale la pena repensar el diseño de este tipo de programas desde la integración de todas las prácticas

en la enseñanza de las ciencias, con especial énfasis en favorecer la integración de las prácticas implicadas en la experimentación (formular preguntas, predicciones, observar, medir, recoger datos, registrarlos y manejar variables) y el aprendizaje enraizado a la comunidad, a partir de poner en juego la construcción y aplicación de explicaciones a un determinado contexto.

3. El nivel de implementación de la ECBI está asociado positiva y significativamente con el aprendizaje de los estudiantes; por lo tanto, vale la pena destinar esfuerzos a la formación de los docentes en dicha metodología.

El objetivo general de esta investigación busca analizar los modos de implementación de la enseñanza de las ciencias basada en la indagación y su asociación con el aprendizaje de los estudiantes. Para confirmar la relación de dependencia de las variables, la fuerza que las une y el nivel de significancia de dicha relación se computaron regresiones lineales simples entre cada criterio de ECBI observado en los docentes de Hagamos Ciencia y el aprendizaje de los estudiantes. Todas las regresiones demostraron que existe una asociación significativa de cada criterio de ECBI en el aprendizaje de los estudiantes. El análisis computado permite incluso predecir que cuando un docente domina satisfactoriamente un determinado criterio, sus estudiantes rinden mejor en la prueba demostrando mayores aprendizajes. La variable que mantiene una relación más fuerte con la variable dependiente fueron las preguntas y predicciones, por ser la que explica en mayor proporción la varianza en el aprendizaje de los estudiantes.

En indagación, el identificar y formular preguntas se relaciona con la capacidad de identificar problemas que requieren alguna solución (Garritz, 2010). Como se mencionó en el marco teórico de esta tesis, las preguntas son importantes en el proceso de construcción de las ideas y modelos científicos porque son las que concretan el objetivo de la investigación (Roca Tort, 2005). Las preguntas abren el diálogo con el mundo real y permiten poner en práctica el pensamiento crítico (Roca Tort *et al*, 2013). Al formular predicciones que parten de un interrogante profundo y significativo, los

estudiantes ponen en juego su capacidad de juzgar, evaluar a la luz de observaciones y datos recolectados y, por ende, explicar fenómenos. Que la práctica de fomentar preguntas y predicciones entre los estudiantes se asocie positiva y significativamente con el aprendizaje, muestra un muy buen punto de partida para mejorar todas las demás prácticas, que parten de una pregunta científica, para así lograr una apreciación de cómo se desarrolla el conocimiento científico.

Por otro lado, se computó una regresión lineal múltiple con el fin de determinar la asociación entre todas las variables juntas con el aprendizaje de los estudiantes. La misma demostró que a mayor nivel de implementación de la ECBI por parte de los docentes de Hagamos Ciencia, mejores son los resultados de los estudiantes del programa y que esta asociación es significativa. Es evidente que el dominio de los criterios de ECBI observados juegan un rol muy importante en el aprendizaje de los estudiantes.

Los estudiantes que trabajan con docentes que demostraron un nivel emergente o experto en los criterios observados obtienen mayores ganancias, en términos de prácticas científicas, que aquellos que trabajan con docentes que muestran un nivel en progreso o iniciado en los criterios de ECBI. Una vez más, para lograr identificar con mayor precisión si el responsable de este resultado es la participación en el programa de formación de Hagamos Ciencia, resultaría necesario repetir este estudio con un grupo control.

De todas formas, los resultados son alentadores en tanto permiten afirmar que una buena práctica docente de ECBI se relaciona con los beneficios que trae la ciencia a la sociedad y a los individuos. Si se logra que la práctica de los docentes se acerque más al proceso de generación de las ideas y no solamente al producto final de la ciencia, los estudiantes adquirirán alfabetización científica y conocimiento que puede ser usado para hacer frente a los problemas de la vida diaria. También asegura la alfabetización científica cívica, en tanto los estudiantes adquieren habilidades, actitudes y valores necesarios para tomar decisiones en temas vinculados a la ciencia y que son de relevancia, como política energética, recursos naturales, protección del ambiente; y alfabetización científica cultural, conocimientos sobre las principales ideas y teorías de

la ciencia y del ambiente sociocultural e intelectual en el que fueron producidas (Shen, 1975).

Dado que el desarrollo profesional docente es una variable significativa en el establecimiento de prácticas de aula y en el impacto en el aprendizaje de los estudiantes (Desimone, Smith y Frisvold, 2007; Desimone, Smith, Hayes, y Frisvold, 2005; Borko, 2004), es necesario redoblar esfuerzos en la formación docente efectiva de los docentes de ciencias. De esta forma, como se presentó al inicio de este capítulo, se puede profundizar en el conocimiento y el manejo de los contenidos por parte de los docentes y el desarrollo de prácticas de ECBI efectivas. Al mismo tiempo, se podría trabajar todas las prácticas de manera transversal e integrada durante la formación de los docentes, apuntando a involucrar a los docentes como estudiantes en los enfoques de aprendizaje que usarán posteriormente en sus clases (Rundgren, 2018). Loucks-Horsley *et al.*, (2010 citados en Rundgren, 2018) resaltan que una de las características de los programas de formación en la enseñanza de las ciencias efectivos es que están diseñados para abordar las necesidades de aprendizaje de los estudiantes. Resulta de vital importancia continuar fortaleciendo la formación continua de los docentes a partir de la información recolectada sobre el aprendizaje de los estudiantes.

Estudios anteriores como los revisados por Minner *et al.* (2010) y Furtak *et al.* (2012) han estudiado el tamaño del efecto de la ECBI en el aprendizaje de los estudiantes en varios estudios experimentales y cuasiexperimentales. Han demostrado que dicho efecto es positivo. En el contexto latinoamericano, Furman y Di Mauro en su estudio cuasi-experimental en una escuela pública de Mar del Plata, Buenos Aires también mostraron un avance significativo en el desempeño de habilidades científicas específicas de diseño de experimentos relacionados con situaciones cotidianas en los alumnos del grupo experimental. La relevancia de los hallazgos de esta tesis radica en que, no solo se evidenció una asociación significativa, sino que dicha asociación se observó en los diferentes niveles de implementación y se demostró que a mayor nivel de implementación de ECBI, mayores aprendizajes. Por tal motivo, no solo es importante continuar capacitando en ECBI, sino que es relevante prestar atención al nivel de

implementación de dicha metodología para alcanzar mejoras en el desarrollo de las competencias científicas de los estudiantes beneficiarios de este tipo de programas.

CONSIDERACIONES FINALES

Si bien esta tesis demostró que el nivel de implementación de la ECBI por parte de los docentes se asocia positiva y significativamente con el aprendizaje de los estudiantes, es necesario leer estos resultados a la luz de lo concluido en el primer objetivo de investigación: los docentes de Hagamos Ciencia son una población iniciada pero aún principiante en la implementación de ECBI. Esto muestra, una vez más, lo urgente y necesario que es destinar esfuerzos en más y mejor capacitación docente, variable que se relaciona directamente con el hecho de que los estudiantes alcancen el dominio de las prácticas científicas. Resultaría interesante complementar los resultados de esta tesis con el diseño y la ejecución de un estudio de caso que permita conocer mayores detalles de la implementación de la ECBI en docentes previamente seleccionados por cumplir con algunas condiciones que han resultado relevantes a la luz de estos resultados.

La formación docente es una parte estratégica de la política educativa en la cual los supuestos acerca de cómo se define una buena educación podrían verse claramente (Beech, 2006). Esta investigación advierte acerca de la necesidad de repensar los programas de formación de los docentes de ciencias en la región y redireccionar aquellos esfuerzos que se concentran únicamente en una actualización curricular o pedagógica, o en un desarrollo profesional que mejore las prácticas de aula y genere cambios en los docentes pero según intenciones de programas específicos de reforma o necesidades puntuales de los mismos (Ávalos, 2007). Un programa de formación que integre todas las prácticas científicas relevantes, con coherencia interna y duradero en el tiempo (Ávalos, 2007), en el marco de políticas y planes estratégicos, podría significar la mejora en la práctica indagatoria. Al mismo tiempo, según Garet *et al* (2001) y Penuel *et al* (2007), es necesario el foco en aprender en base a la indagación y modelando estrategias de enseñanza durante el proceso de formación. Vale la pena

prestar atención a desarrollar en los docentes la habilidad de incentivar el planteamiento de preguntas, preguntas científicas y predicciones por parte de los estudiantes por ser la variable que demostró mayor asociación; y al nivel de implementación de lo aprehendido en la formación docente y en el seguimiento, y su transferencia a la práctica (Joyce y Showers, 2002).

Es importante mencionar que, tal como afirma Rundgren (2018), reformar la enseñanza de las ciencias no debería ser una cuestión de simple implementación de nuevos programas de formación, los docentes deben ser parte de la negociación e implementación del tipo de cambio que se busca alcanzar. Deben tener la oportunidad de convertirse en sujetos de la reforma en lugar de simplemente ser sometidos a reformas.

Dada la inequidad que caracteriza a la sociedad panameña, la diferencia en los aprendizajes de los estudiantes que asisten a escuelas públicas y los que asisten a escuelas privadas (De León, 2019), y dado que el programa Hagamos Ciencia es una iniciativa estatal que se implementa en escuelas públicas de todo Panamá, es recomendable ampliar el espectro de escuelas en las cuales se implementa el programa. Podría incluso ser beneficioso servirse de él para desarrollar nuevos programas de aprendizaje de la ciencia, que alcancen a un mayor número de escuelas; así como aumentar la inversión y el personal para poder asegurar el nivel de seguimiento adecuado para que los docentes logren el nivel de implementación de ECBI buscado. De esta manera, se asegura un mejor retorno a la inversión en la formación docente que tiene lugar como parte de este programa, y otros como este.

Se espera que este trabajo continúe abriendo paso a estudios enfocados en la importancia de enseñar ciencias por medio de la indagación para adquirir competencias científicas, y desarrollar una alfabetización científica cívica y cultural en todos los jóvenes, niñas y niños panameños y de la región, con el fin último de alcanzar el desarrollo científico de los países latinoamericanos. Particularmente, se espera que genere mayor atención a las maneras de maximizar los niveles de implementación de ECBI de los docentes que participan en dichos programas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Akerson, Valerie; Hanson, Deborah y Theresa Cullen (2007), "The influence of guided inquiry and explicit instruction on K-6 teachers' views of nature of science", en *Journal of Science Teacher Education*. 18, pp. 751-772.
- Alberta Education (2010), *Inspiring education: A dialogue with Albertans*. Edmonton. Alberta, Alberta Education.
- Alberts, Bruce (2000), "Some thoughts of a scientist on inquiry", en *Inquiring into inquiry learning and teaching in science*. 3, pp.3-13.
- Anderson, Ronald (2002), "Reforming science teaching: What research says about inquiry", en *Journal of Science Teacher Education*. 13, pp. 1-12.
- Ávalos, Beatrice (2007), "El desarrollo profesional continuo de los docentes: lo que nos dice la experiencia internacional y de la región latinoamericana", en *Revista Pensamiento Educativo*. 41, pp. 77-99.
- Banilower, Eric; Boyd, Pasley y Weiss (2006), "Lessons from a Decade of Mathematics and Science Reform: A Capstone Report for the Local Systemic Change through Teacher Enhancement Initiative", en *Horizon Research, Inc*. NJ1
- Barman, Charles (2002), "How do you define inquiry?", en *Science and Children*. 40, pp. 8-9.
- Barron, Brigid y Darling-Hammond, Linda (2010), "Prospects and challenges for inquiry-based approaches to learning", en *The nature of learning: Using research to inspire practice*, 199-225.
- Barrow, Lloyd (2006), "A brief history of inquiry: From Dewey to standards", en *Journal of Science Teacher Education*. 17, pp. 265-278.
- Beech, Jason (2006). "Las agencias internacionales, el discurso educativo y las reformas de la formación docente en argentina y brasil (1985-2002): un análisis comparado". *Documento de Trabajo N°20*. Universidad de San Andrés.
- Benedict-Chambers, Amanda; Kademian, Sylvie M.; Davis, Elizabeth y Annemarie Palincsar (2017), "Guiding students towards sensemaking: teacher questions focused on integrating scientific practices with science content", en *International Journal of Science Education*. 39, pp. 1977-2001.
- Berry, Amanda; Loughran, Johon y Jan H. van Driel (2008), "Revisiting the roots of pedagogical content knowledge", en *International Journal of Science Education*. 30, pp. 1271-1279.

Blanchard, Margaret; Southerland, Sherry y Ellen Granger (2009), “No silver bullet for inquiry: Making sense of teacher change following an inquiry-based research experience for teachers”, en *Journal of Research in Science Teaching*. 93, pp. 322–360.

Blank, Rolf; de las Alas, Nina y Carlise Smith (2008), *Does teacher professional development have effects on teaching and learning? Analysis of evaluation finding from programs for mathematics and science teachers in 14 states*. Washington, DC: Council of Chief State School Officers.

Bonett, Douglas, y Wright, Thomas (2000), “Sample size requirements for estimating Pearson, Kendall and Spearman correlations”, en *Psychometrika*. 65, pp. 23-28.

Borko, Hilda (2004), “Professional development and teacher learning: Mapping the terrain”, en *Educational Researcher*. 33, pp. 3–15.

Burns, Barbara y Javier Luque (2014), *Docentes excelentes: Cómo mejorar el aprendizaje en América Latina y el Caribe, Resumen*, Washington, DC, Banco Mundial.

Capps, Daniel; Crawford, Barbara y Mark Constatas (2012), “A Review of Empirical Literature on Inquiry Professional Development: Alignment with Best Practices and a Critique of the Findings”, en *Journal of Science Teacher Education*. 23, pp. 291-318.

Coll, César (2014), “El sentido del aprendizaje hoy: un reto para la innovación educativa”, en *Aula de Innovación Educativa*. 232, pp. 12-17.

Crawford, Barbara (2000), “Embracing the essence of inquiry: New roles for science teachers”, en *Journal of Research in Science Teaching*. 37, pp. 916–937.

Choi, Sanghee y John Ramsey (2009), "Constructing elementary teachers' beliefs, attitudes, and practical knowledge through an inquiry-based elementary science course", en *School Science and Mathematics*. 109, pp. 313-324.

Darling-Hammond, Linda (2000), "Teacher quality and student achievement", en *Education policy analysis archives*. 8.

Darling-Hammond, Linda; Wei, Ruth; Andree, Alethea; Nikole, Richardson y Stelios Orphanos (2009). *Professional learning in the learning profession*. Washington, DC: National Staff Development Council.

De León, Nadia (2017), “Percepciones sobre Excelencia Educativa en las Escuelas Oficiales de Panamá”, en *Revista de Investigación de la Universidad Católica Santa María la Antigua*. 5, pp. 34-58.

De León, Nadia (2019), “PISA: mitos, realidades y aprendizajes (partes I y II)”. Consultado el 6 de junio de 2020 desde <https://cieps.org.pa/pisa-mitos-realidades-y-aprendizajes-parte-i/>

Demirdöğen, Betül (2016), “Interaction between science teaching orientation and pedagogical content knowledge components”, en *Journal of Science Teacher Education*. 27, pp. 495-532.

Desimone, Laura; Smith, Thomas; Hayes, Susan y David Frisvold (2005), “Beyond accountability and average math scores: Relating multiple state education policy attributes to changes in student achievement in procedural knowledge, conceptual understanding and problem solving in mathematics”, en *Educational Measurement: Issues and Practice*. 24, pp. 5–18.

Desimone, Laura; Smith, Thomas y David Frisvold (2007), “Is NCLB increasing teacher quality for students in poverty?”, en Gamoran, Adam (Ed.) *Standards-based and the poverty gap: Lessons from No Child Left Behind*. Washington, DC, Brookings Institution Press, pp. 89-119.

Di Mauro, Ma. Fernanda y Melina Furman (2012), “El impacto de la indagación guiada sobre el aprendizaje de la habilidad de diseño experimental”, en *Actas III Jornadas de Enseñanza e Investigación Educativa en el campo de las Ciencias Exactas y Naturales, 26, 27 y 28 de septiembre de 2012, La Plata, Argentina*.

Diaconu, Radigan, Suskavcevic y Nichol (2012), “A Multi-Year Study of the Impact of the Rice Model Teacher Professional Development on Elementary Science Teachers”, en *International Journal of Science Education*. 34, pp. 855-877.

Donoso, José David; Meisel, Helga Patricia; Bermeo Andrade y Luceli Patiño Garzón (2011), "ECBI como propuesta pedagógica: lecciones desde un particular contexto latinoamericano", en *Revista Española De Pedagogía*. 69, pp. 553-570.

Doppelt, Yaron; Schunn, Christian; Silk, Eli; Mehalik, Matthew; Reynolds, Birdy, y Erin Ward (2009), “Evaluating the impact of a facilitated learning community approach to professional development on teacher practice and student achievement”, en *Research in Science & Technological Education*. 27, pp. 339-354.

Erdogan, Ibrahim y Todd Campbell (2008), “Teacher questioning and interaction patterns in classrooms facilitated with differing levels of constructivist teaching practices”, en *International Journal of Science Education*. 30, pp. 1891–1914.

Ermeling, Bradley (2010), "Tracing the effects of teacher inquiry on classroom practice", en *Teaching and teacher education*. 26, pp. 377-388.

Fitzgerald, Mary Ann y Byers, Al (2002), “A rubric for selecting inquiry-based activities”, en *Science Scope*. 26, pp. 22.

Friesen, Sharon y Jardine, David (2009), “21st century learning and learners”, en *Prepared for Western and Northern Canadian Curriculum Protocol by Galileo Educational Network*.

- Friesen, Sharon, y Scott David (2013), "Inquiry-based learning: A review of the research literature." *Alberta Ministry of Education*.
- Furman, Melina, y Ma. Eugenia Podestá (2010), *La aventura de enseñar Ciencias Naturales*. Buenos Aires, Aique.
- Furman, Melina; Ma. Verónica Poenitz y Ma. Eugenia Podestá (2012), "La evaluación en la formación de los profesores de Ciencias", en *Praxis & Saber*. 3, pp. 165-189.
- Furman, Melina; Ma. Eugenia Podestá, y Micaela Mussini (2015), "Contextos institucionales y mejora escolar en Ciencias Naturales: un análisis de Escuelas del Bicentenario", en *Revista Iberoamericana de Evaluación Educativa*. 8, pp. 135-157.
- Furman, Melina (2020), "Aprender ciencias en las escuelas primarias de América Latina", Oficina Regional de Ciencias para América Latina, UNESCO.
- Furtak, Erin Marie; Seidel, Tina; Iverson, Heidi y Derek Briggs (2012), "Experimental and quasi-experimental studies of inquiry-based science teaching: A meta-analysis", en *Review of Educational Research*. 82, pp. 300–329.
- Gairín, Joaquín; Sanmartí, Neus; Armengol Aspró, Carmen; Marbá Tallada, Anna y Marisa de Talavera (2009), "La enseñanza de las ciencias en el sistema educativo panameño: Evaluación del profesorado". SENACYT-MEDUCA. Consultado el 15 de septiembre del 2020 desde: https://www.senacyt.gob.pa/wp-content/uploads/2014/03/Ense%C3%B1anza-Ciencias-Panam%C3%A1-09-vd_GAIRIN.pdf
- Gallopín, Gilberto (2003), *Ciencia y tecnología para el desarrollo sostenible: una perspectiva latinoamericana y caribeña*. Santiago de Chile, Publicación de las Naciones Unidas.
- García Palacios, Eduardo; González, Juan Carlos; López, José Antonio; Luján, José Luis; Gordillo, Mariano; Osorio, Carlos y Célida Valdés (2001), *Ciencia, Tecnología y Sociedad: una aproximación conceptual*. Organización de Estados Iberoamericanos (OEI).
- García Pérez, Francisco (2000), "Los modelos didácticos como instrumento de análisis y de intervención en la realidad educativa", en *Revista Bibliográfica de Geografía y Ciencias Sociales*. 207, pp. 1-12.
- Garet, Michael; Andrew, Porter; Laura, Desimone; Beatrice, Birman y Kwang Suk Yoon (2001), "What makes professional development effective? Results from a national sample of teachers", en *American educational research journal*. 38, pp. 915-945.
- Garritz, Andoni (2010), "Indagación: las habilidades para desarrollarla y promover el aprendizaje", en *Educación química*. 21, pp. 106-110.

Geier, Robert; Blumenfeld, Phyllis; Ronald, Marx; Joseph, Krajcik; Fishman, Barry; Soloway, Elliot y Juanita Clay-Chambers, (2008), "Standardized test outcomes for students engaged in inquiry-based science curricula in the context of urban reform", en *Journal of Research in Science Teaching*.45, pp. 922-939.

Gellon, Gabriel; Esther Rosenvasser Feher; Melina Furman y Diego Golombek (2018), *La ciencia en el aula*. Buenos Aires, Editorial Siglo XXI.

Golombek, Diego (2008), "Aprender y enseñar ciencias: del laboratorio al aula y viceversa". *IV Foro Latinoamericano de Educación: Aprender y enseñar ciencias. Desafíos, estrategias y oportunidades*. Buenos Aires, Fundación Santillana.

González, Corina; Martínez, Ma. Teresa y Carolina Martínez (2009), "La Educación Científica como apoyo a la movilidad social: desafíos en torno al rol del profesor secundario en la implementación de la indagación científica como enfoque pedagógico", en *Estudios Pedagógicos*. 25, pp. 63-78

Harlen, Wynne (2010), *Principios y Grandes ideas de la educación en Ciencias*. Association for Science Education College Lane, Hatfield, Herts.

Harlen, Wynne (2011), "Aprendizaje y enseñanza de ciencias basados en la indagación", en Campos, Montecinos y González (eds), *Mejoramiento escolar en acción*. Valparaíso, Centro de Investigación Avanzada en Educación, pp. 33-48.

Harlen, Wynne (2013), *Evaluación y Educación en Ciencias Basada en la Indagación: Aspectos de la Política y la Práctica*. Trieste, Global Network of Science Academies (IAP) Science Education Programme (SEP).

Hattie, John (2003), "Teachers Make a Difference, What is the research evidence?", en *ACEReSearch*. Building Teacher Quality: What does the research tell us, ACER Research Conference.

Hiebert, James (1999), "Relationships between research and the NCTM standards", en *Journal for Research in Mathematics Education*. 30, pp. 3-19.

Hodson, Derek. (2013), La Educación en Ciencias como un llamado a la acción. *Archivos de Ciencias de la Educación*. 7, pp. 1-5.

Hunt, Bárbara (2009), *Efectividad del desempeño docente. Una reseña de la literatura internacional y su relevancia para mejorar la educación en América Latina*. PREAL, Santiago de Chile.

IANAS (2017), *Educación en Ciencias Basada en Indagación: Promoviendo cambios en la enseñanza de las ciencias en las Américas*. México. Consultado el 15 de marzo de 2020 desde:

<http://www.eco4science.org/uploads/files/Inquiry%20Based%20Science%20Education%20-%20Promoting%20changes%20in%20Science%20Teaching%20in%20Americas%20by%20IAP%20SEP.pdf>

Jeonghee, Nam; Eulsun, Seung y MunSuk, Go (2013), "The Effect of a Collaborative Mentoring Program on Beginning Science Teachers' Inquiry-based Teaching Practice", en *International Journal of Science Education*. 35, pp. 815-836.

Jimoyiannis, Athanassios (2010), "Designing and implementing an integrated technological pedagogical science knowledge framework for science teachers professional development", en *Computers & Education*. 55, pp. 1259-1269.

Joyce, Bruce y Beverly Showers (1980), "Improving inservice training: The messages of research", en *Educational leadership*. 37, pp. 379-385.

Joyce, Bruce y Beverly Showers (1982), "The coaching of teaching", en *Educational leadership*. 40, pp. 4-10.

Joyce, Bruce y Beverly Showers (1996), "The evolution of peer coaching", en *Educational leadership*. 53, pp. 12-16.

Joyce, Bruce y Beverly Showers (2002), *Student achievement through staff development*. Alexandria, VA: Association for Supervision and Curriculum Development.

Khalaf, Bilal y Zin, Zuhana (2018), "Traditional and Inquiry-Based Learning Pedagogy: A Systematic Critical Review", en *International Journal of Instruction*. 4, pp. 545-564.

Krajcik, Joseph; Codere, Susan; Dahsah, Chanyah; Bayer, Renee y Kongju Mun (2014), "Planning instruction to meet the intent of the Next Generation Science Standards", en *Journal of Science Teacher Education*. 25, pp. 157-175.

Lumpe, Andrew; Czerniak, Charlene; Haney, Jodi y Svetlana Beltyukova (2012), "Beliefs about Teaching Science: The relationship between elementary teachers' participation in professional development and student achievement", en *International Journal of Science Education*. 34, pp. 153-166

Márquez Bargalló, Conxita y Roca Tort, Montserrat (2006), "Plantear preguntas: un punto de partida para aprender ciencias", en *Revista Educación y pedagogía*. 18, pp. 61-71.

Marx, Ronald; Blumenfeld, Phyllis; Krajcik, Joseph; Fishman, Barry; Soloway, Elliot; Geier, Robert y Revital Tali Tal (2004), "Inquiry-based science in the middle grades: Assessment of learning in urban systemic reform", en *Journal of research in Science Teaching*. 41, pp. 1063-1080.

MEDUCA, *Las habilidades de los estudiantes panameños de tercer y sexto grado: Resultados de la evaluación 2017* (2019a), Ciudad de Panamá, MEDUCA-UDELAS.

MEDUCA, *Programa para la Evaluación Internacional de los Estudiantes: Panamá* (2019b), Ciudad de Panamá, MEDUCA-OCDE.

Meichtry, Yvonne (1999), "The nature of science and scientific knowledge: Implications for a preservice elementary methods course", en *Science & Education*. 8, pp. 273-286.

Meinardi, Elsa; Adúriz-Bravo, Agustín ;Morales, Laura y Bonana, Leonor (2002), "El modelo de Ciencia Escolar. Una propuesta de la didáctica de las ciencias naturales para articular la normativa educacional y la realidad del aula", en *Revista de Enseñanza de la Física*. 15, p. 13-22.

Minner, Daphne; Levy, Abigail y Jeanne Century (2010), "Inquiry-based science instruction—what is it and does it matter? Results from a research synthesis years 1984 to 2002", en *Journal of Research in Science Teaching*. 47, pp. 474-496.

National Research Council, *National Science Education Standards* (1996). Washington D.C., National Academy Press.

National Research Council, *Inquiry and the national science education standards: A guide for teaching and learning* (2000). Washington D.C., National Academies Press.

National Research Council, *A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas* (2012). Washington, DC: National Academies Press.

Next Generation Science Standards (2014), "Appendix F: Science and engineering practices". Consultado el 28 de agosto de 2020 desde <https://www.nextgenscience.org/sites/default/files/Appendix%20F%20%20Science%20and%20Engineering%20Practices%20in%20the%20NGSS%20-%20FINAL%20060513.pdf>

Nieda, Juana y Beatriz Macedo (1998), *Un currículo científico para estudiantes de 11 a 14 años*. México, Biblioteca del Normalista.

Nudelman, Norma (2015), "Educación en ciencias basada en la indagación", en *CTS: Revista iberoamericana de ciencia, tecnología y sociedad*. 10, pp. 11-22.

Nunnally, Jum (1967), *Psychometric Theory*. Nueva York, McGraw-Hill

Osborne, Jonathan; Erduran, Sibel y Shirley Simon (2004). "Enhancing the quality of argumentation in school science" en *Journal of Research in Science Teaching*. 41, pp. 994-1020.

Osborne, Jonathan (2014), "Teaching scientific practices: Meeting the challenge of change", en *Journal of Science Teacher Education*. 25, pp. 177-196.

Peláez, Irene Moral (2016), "Modelos de regresión: lineal simple y regresión logística", en *Revista Seden*. 14, pp. 195-214.

- Penuel, William; Fishman, Barry; Yamaguchi, Ryoko y Gallagher, Lawrence (2007), “What Makes Professional Development Effective? Strategies That Foster Curriculum Implementation”, en *American Educational Research Journal*. 44, pp.921–958.
- Perkins, David (2009), *Making learning whole: How seven principles of teaching can transform education*. San Francisco, Jossey-Bass.
- Roca Tort, Monserrat (2005), “Las preguntas en el proceso de enseñanza-aprendizaje de las ciencias”, en *Educación*. 25, pp. 73-80.
- Roca Tort, Monserrat; Márquez, Conxita y Neus Sanmartí (2013), “Las preguntas de los alumnos: una propuesta de análisis”, en *Enseñanza de las Ciencias*. 31, pp. 95-114.
- Rönnebeck, Silke; Bernholt, Sascha; y Mathias Ropohl (2016), “Searching for a common ground—A literature review of empirical research on scientific inquiry activities”, en *Studies in Science Education*. 52, pp. 161-197.
- Rowe, Ken (2006), “Effective teaching practices for students with and without learning difficulties: Constructivism as a legitimate theory of learning AND of teaching?”, en *ACER: Improving Learning*.
- Rundgren, Carl-Johan (2018), “Implementation of inquiry-based science education in different countries: some reflections”, en *Cultural Studies of Science Education*. 13, pp. 607–615
- Ruiz, Francisco (2007), “Modelos didácticos para la enseñanza de las ciencias naturales”, en *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos*. 3, pp. 41-60.
- Ruiz-Primo, Ma. Araceli y Erin Furtak (2006), “Informal formative assessment and scientific inquiry: Exploring teachers' practices and student learning”, en *Educational Assessment*. 11, pp. 237-263.
- Ruiz-Primo, Ma. Araceli (2009), “HC Program Pilot II Report”, Manuscrito no publicado. Ciudad de Panamá, Panamá.
- Sautu, Ruth; Boniolo, Paula; Dalle, Pablo y Roberto Elbert (2005), *Manual de Metodología: construcción del marco teórico, formulación de los objetivos y elección de la metodología*. Buenos Aires, CLACSO.
- Schroeder, Carolyn; Scott, Timothy; Tolson, Homer; Huang, Tse-Yung y Yi-Hsuan Lee (2007), “A meta-analysis of national research: Effects of teaching strategies on student achievement in science in the United States”, en *Journal of Research in Science Teaching*. 44, pp. 1436–1460.
- SENACYT (2015) “Culminan talleres de enseñanza en ciencia a maestros de grado”. SENACYT. Consultado el 1 de mayo de 2020 desde: <https://www.senacyt.gob.pa/privado-culminan-talleres-de-ensenanza-en-ciencia-a-maestros-de-grado/>

SENACYT (2016a) “La SENACYT realiza Jornada de Cierre para Directores y Supervisores del Programa Hagamos Ciencia”. *SENACYT*. Consultado el 1 de mayo de 2020 desde:

<https://www.senacyt.gob.pa/la-senacyt-realiza-jornada-de-cierre-para-directores-y-supervisores-del-programa-hagamos-ciencia/>

SENACYT (2016b) “Memoria SENACYT 2016”. *SENACYT*. Consultado el 1 de mayo de 2020 desde:

<https://asamblea-dspace.metabiblioteca.com/bitstream/001/395/1/memoria%20SENACYT.pdf>

SENACYT (2018) “La SENACYT y MEDUCA realizaron el seminario taller La Evaluación como herramienta en la enseñanza de ciencias”. *SENACYT*. Consultado el 1 de mayo de 2020 desde:

<https://www.senacyt.gob.pa/la-senacyt-y-meduca-realizaron-el-seminario-tallerla-evaluacion-como-herramienta-en-la-ensenanza-de-ciencias/>

SENACYT (2019) “La SENACYT promueve intercambio pedagógico entre maestros del Proyecto Hagamos Ciencia”. *SENACYT*. Consultado el 1 de mayo de 2020 desde: <https://www.senacyt.gob.pa/la-senacyt-promueve-intercambio-pedagogico-entre-maestros-del-proyecto-hagamos-ciencia/>

Songer, Nancy Butler y Gotwals Amelia Wenk (2005), "Fidelity of implementation in three sequential curricular units", en *Annual Meeting of the American Educational Research Association*. Montreal, Canadá.

Supovitz, Jonathan y Herbert M. Turner (2000), "The effects of professional development on science teaching practices and classroom culture", en *Journal of Research in Science Teaching*. 37, pp. 963-980.

Tan, Aik-Ling y Wong, Hwei-Ming (2012) “Didn't Get Expected Answer, Rectify It.’: Teaching science content in an elementary science classroom using hands-on activities”, en *International Journal of Science Education*. 34, pp. 197-222.

UNESCO (2001), *Science, Technology and Mathematics education for human development*.

UNESCO (2015), “*Informe de resultados TERCE: logros de aprendizaje*”. Consultado el 15 de mayo de 2020 desde: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000243532>

UNESCO (2020), “*La ciencia al servicio de un futuro sostenible*”. Consultado el 15 de mayo de 2020 desde: <https://es.unesco.org/themes/ciencia-al-servicio-futuro-sostenible>

Unidos por la Educación (2013), *La Educación en Panamá: 5 metas para mejorar*. Ciudad de Panamá. Consultado el 15 de mayo de 2020 desde: <http://www.unidosporlaeducacion.com/documents/2013/06-02-5Metas.pdf>

Universidad de California (2020), "*Understanding Science*". Consultado el 15 de mayo de 2020 desde: <http://www.understandingscience.org>

Uzcátegui, Yulimer y Catalina Betancourt (2013), "La metodología indagatoria en la enseñanza de las ciencias: una revisión de su creciente implementación a nivel de Educación Básica y Media", en *Revista de investigación*. 37, pp. 109-127.

Vadillo Carrasco, Esther (2015), "Aplicación de la metodología ECBI desde la percepción de los docentes en la enseñanza de ciencia, tecnología y ambiente en diferentes prácticas docentes". Consultado el 1 de mayo de 2020 desde: http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/6420/VADILLO_CARASCO_ESTHER_APLICACION_METODOLOGIA.pdf.

Valverde, Gilbert y Emma Näslund-Hadley (2011), *La condición de la educación en matemáticas y ciencias naturales en América Latina y el Caribe*. Banco Interamericano de Desarrollo.

Van Booven, Christopher (2015), "Revisiting the authoritative–dialogic tension in inquiry-based elementary science teacher questioning", en *International Journal of Science Education*. 37, pp. 1182–1201.

Villalba Rey, Deicy; Luzardo, Marianela; Fajardo, Eddy; Escobar, Julio y Carlos Tuñón (2018), "Impacto de los factores asociados al tercer estudio regional comparativo y explicativo en Panamá", en *Revista ESPACIOS*. 39.

Walsh, Elizabeth Mary y Veronica Cassone McGowan (2017), "Let your data tell a story: climate change experts and students navigating disciplinary argumentation in the classroom", en *International Journal of Science Education*. 39, pp. 20-43.

Wheeler, Gerald (2000), "The three faces of inquiry", en *Inquiring into inquiry learning and teaching in science*, pp.14-19.

Yalvac, Bugrahan; Tekkaya, Ceren; Cakiroglu, Jale y Elvan Kahyaoglu (2007), "Turkish Pre-Service Science Teachers' Views on Science–Technology–Society Issues", en *International Journal of Science Education*. 29, pp. 331-348.

Zahur, Rubina; Angela, Barton y Bhaskar Raj Upadhyia. (2002), "Science education for empowerment and social change: a case study of a teacher educator in urban Pakistan", en *Int. J. Sci. Educ.* 24, pp. 899-917.

Anexo 1. Ejemplo de Módulo de 4to grado

CUARTO GRADO

I Trimestre – Sistema circulatorio

En esta unidad, como en las otras del cuerpo humano, se busca hacer hincapié en la integración de los sistemas del cuerpo para que este funcione bien. Si uno de los sistemas no funciona adecuadamente el cuerpo no puede funcionar bien y la persona puede morir. Resaltar las interacciones entre los distintos órganos y el concepto de sistema.

Objetivos de Aprendizaje

Conceptos Científico:

1. El corazón bombea sangre a todo el cuerpo.
2. El pulso es consecuencia de la actividad del corazón.
3. La sangre circula dentro de los vasos sanguíneos.
4. El sistema circulatorio está formado por sangre, vasos sanguíneos y el corazón.
5. El corazón bombea sangre a todo el cuerpo.
6. Las funciones del aparato circulatorio son: distribuir nutrientes y oxígeno y recoger las sustancias de desecho del metabolismo celular.
7. Que la sangre circula dentro de los vasos sanguíneos por un camino cerrado que sale y vuelve al corazón.
8. Que todas las partes del cuerpo dependen del funcionamiento del corazón, ya que la sangre transporta hacia las células todos los elementos (oxígeno y nutrientes) que ellas necesitan.
9. Que la sangre “se carga” de oxígeno en los pulmones, lleva ese oxígeno al resto de las células y recoge dióxido de carbono de las células (un producto del funcionamiento celular), y lo lleva de regreso a los pulmones.
10. Que el ritmo cardíaco no es siempre constante: cambia con la actividad física, cuando nos asustamos o en otras ocasiones.
11. Identifiquen la sangre tiene dos partes, una líquida (plasma) y otra sólida (células).
12. Los glóbulos rojos son responsables de llevar oxígeno a las células.
13. Los glóbulos blancos son responsables de las defensas contra infecciones.
14. Las plaquetas son responsables de detener el sangrado.
15. La integración de los distintos sistemas permite que el cuerpo funcione adecuadamente
16. Analizar el concepto de sistema

Habilidades Científicas:

- a. Observar (ej. los latidos y el pulso)
- b. Describir (ej. el pulso)
- c. Registrar
- d. Formular preguntas investigables sobre las variaciones de la frecuencia cardíaca.
- e. Diseñar en grupo una experiencia para investigar si la frecuencia cardíaca varía o no, según la actividad que se realice

- f. Predecir los resultados de un experimento antes de realizarlo
- g. Interpretar resultados de un experimento.
- h. Contrastar los resultados obtenidos de un experimento con los resultados predichos.

II Trimestre – Ecosistema y energía

En este módulo, se busca que los estudiantes reconozcan que en el ecosistema fluye la energía desde los productores que la transforman al obtenerla del sol y luego es utilizada por otros organismos a través de la cadena trófica.

Objetivos de Aprendizaje

Conceptos Científico:

1. Los organismos que pueden producir su propio alimento a partir de la luz del sol para obtener energía se llaman productores o autótrofos.
2. Los organismos que obtienen su energía para vivir a partir de otros organismos se les llama consumidores.
3. Los organismos descomponedores son los que obtienen su energía de otros organismos muertos.
4. Los seres vivos están relacionados en la cadena alimenticia. Unos dependen de otros.
5. La energía fluye de un organismo a otro a través de la cadena trófica de una forma lineal.
6. La cantidad de energía que pasa de un nivel a otro de la cadena trófica no es la misma, va disminuyendo.
7. Las relaciones en el ecosistema entre los seres vivos no solamente es lineal, pueden formar redes.
8. Algunos organismos establecen relaciones diferentes donde ambos se benefician (Mutualismo), donde uno se beneficia y el otro se perjudica (Parasitosis)

Habilidades Científicas:

- a. Observación, predicción, argumentación, organización de datos.
- b. Elaboración de hipótesis, cuestionamiento, registro de datos.

III Trimestre – Rocas

En este módulo, se busca que los estudiantes observen, clasifiquen, registren y analicen los diferentes tipos de rocas que se pueden encontrar en nuestro planeta, además de conocer su utilidad para el ser humano. Las rocas pueden ser clasificadas de diversas maneras, por ejemplo: por su capacidad de permitir que el agua entre o no en una roca (permeabilidad), por las sustancias que forman las rocas (Composición química), por la forma en la que se forman las rocas (origen), etc. Esta última forma de clasificar las rocas, su origen, es la que exploraremos a lo largo de éste módulo.

Las rocas son agregados naturales presentes en la Tierra en masas de grandes dimensiones. Estas rocas están formadas por uno o más minerales. En cualquier roca pueden existir: minerales en mayor cantidad, llamados **principales**, que son los utilizados para clasificarlas por su composición y otros minerales en menor cantidad llamados **accesorios**, cuya presencia no es decisiva para dicha clasificación. También tenemos rocas compuestas por un solo mineral.

Objetivos de Aprendizaje**Conceptos Científico:**

1. Los Geólogos son los científicos que se dedican al estudio de las rocas.
2. Que las rocas se pueden clasificar mediante la observación detallada.
3. Las rocas están compuestas de minerales con propiedades específicas.
4. Existen tablas para describir y reconocer los minerales según las propiedades como brillo, la dureza y el color de su raya sobre una superficie de cerámica.
5. Es posible asociar la forma de una roca con los "eventos" por los que pasó esa roca.
6. Las características de las rocas nos pueden contar cómo se formaron.
7. Toman conciencia de su concepto previo sobre los recursos naturales usados en objetos de la vida diaria.
8. Toman conciencia de que utilizan minerales que existen en Panamá.
9. Asocian componentes minerales en objetos de uso diario con recursos naturales no renovables y los tipos de rocas presentes en Panamá.
10. Establecen relaciones entre recursos minerales metálicos y no metálicos con tipos de rocas y procesos geológicos (ciclo de rocas).

Habilidades Científicas:

- a. Leen e interpretan textos.
- b. Leen y comprenden textos científicos.
- c. Interpretan tablas de doble entrada.
- d. Observan y describen rocas de diferentes tipos.
- e. Registran por medio de cuadro sus observaciones de las rocas.
- f. Agrupan adjetivos en categorías que ayudan a describir las rocas.
- g. Determinan la dureza, brillo y color de rayado en rocas de diferentes tipos.
- h. Compara las rocas en función de sus propiedades.
- i. Clasifican las rocas basándose en descripciones.
- j. Organizan lo comprendido en una tabla de doble entrada.
- k. Interpreta la simbología para localizar elementos en un mapa (en este caso, recursos minerales a través de la lectura del Mapa de recursos Minerales en Panamá)
- l. Argumentan a partir de la integración de los conceptos adquiridos (durante la unidad).

Anexo 2. Preguntas de la prueba del 2019 de 4to grado

4 GRADO

El sistema circulatorio está formado por distintos órganos y estructuras tales como corazón, arterias, arteriolas, venas y capilares. Ellos trabajan juntos para lograr que el sistema circulatorio realice distintas funciones.

¿Cuál es el trabajo que realizan las venas?

- A. Llevan la sangre del corazón a las células del cuerpo.
- B. Llevan la sangre rica en oxígeno del corazón a los pulmones.
- C. Llevan la sangre pobre en oxígeno del cuerpo al corazón.
- D. Llevan la sangre del corazón a los pulmones para oxigenarse.

4 GRADO

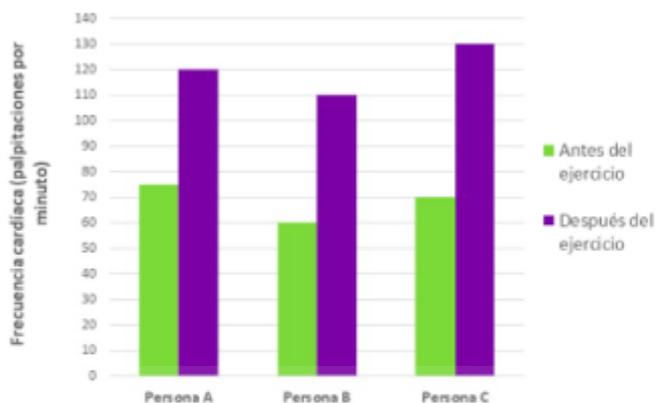
La sangre es el fluido que circula por todo nuestro cuerpo por medio del sistema circulatorio y está compuesta por glóbulos rojos, glóbulos blancos, plaquetas, agua y plasma.

¿Si tienes una cortada en el dedo, ¿qué elemento de la sangre te ayuda a luchar contra las infecciones?

- A. Glóbulos rojos.
- B. Glóbulos blancos.
- C. Plaquetas.
- D. Plasma.

4 GRADO

Jorge y Martha realizaron un experimento para medir la frecuencia cardíaca a tres personas antes y después de que hicieran el mismo ejercicio durante el mismo tiempo. La siguiente gráfica muestra los resultados de las tres personas que participaron en el experimento:



¿Qué pregunta tratan de contestar Jorge y Marta con este experimento?

- A. ¿De qué manera el ejercicio altera la frecuencia cardíaca de las personas?
- B. ¿Cómo se relaciona el peso de las personas con su frecuencia cardíaca?
- C. ¿Qué efectos positivos tiene para las personas hacer ejercicios?
- D. ¿Qué tipo de ejercicio altera más la frecuencia cardíaca de las personas?

4 GRADO

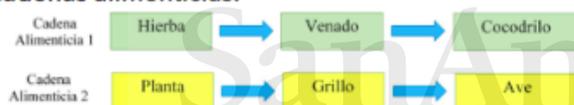
La nutrición es el proceso donde el organismo obtiene diferentes sustancias para vivir y energía para funcionar. En los humanos los sistemas digestivo, respiratorio, circulatorio y excretor combinan sus funciones para realizar este proceso.

En el proceso de nutrición, el sistema circulatorio se relaciona con el sistema digestivo porque_____

- A. La sangre que sale del corazón viaja por las arterias y la que llega al corazón viaja por las venas.
- B. Los productos de desechos son filtrados en la sangre y expulsados por la orina.
- C. El oxígeno es absorbido y se distribuye en el cuerpo a través de la sangre.
- D. Los nutrientes son absorbidos y se distribuyen en el cuerpo a través de la sangre.

4 GRADO

En una cadena alimenticia la energía y nutrientes pasan de un organismo a otros. Estos organismos pueden ser productores, consumidores y descomponedores. Los consumidores pueden ser herbívoros, carnívoros u omnívoros. El siguiente esquema muestra dos cadenas alimenticias:

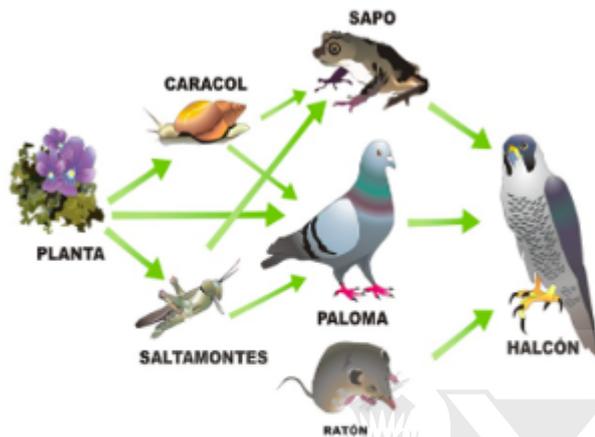


Según estas cadenas alimenticias, ¿cuáles consumidores son carnívoros?

- A. Venado y Grillo.
- B. Cocodrilo y Ave.
- C. Grillo y Cocodrilo.
- D. Ave y Venado.

4 GRADO

Las redes alimenticias están formadas por varias cadenas alimenticias donde se relacionan los organismos productores, consumidores (herbívoros, carnívoros y omnívoros) y descomponedores que comparten un ecosistema. El siguiente esquema presenta una red alimenticia con varios organismos:



En esta red alimenticia ¿de qué animales herbívoros se está alimentando el sapo?

A. Saltamontes y paloma.

B. Paloma y planta.

C. Halcón y caracol.

D. Caracol y saltamontes.

Universidad de

San Andrés

QUAERERE VERUM

4 GRADO

En las investigaciones científicas se registran las observaciones que hacemos y no las inferencias. Las observaciones son toda la información que obtenemos con nuestros sentidos, y las inferencias son todo lo que imaginamos que pasa según lo que observamos. La siguiente imagen muestra un ecosistema:



Según la imagen ¿cuál de las siguientes afirmaciones NO es una inferencia?

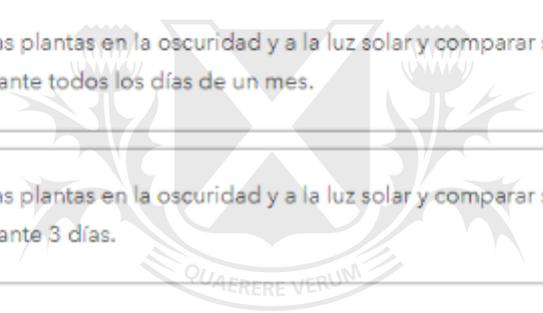
- A. El oso tiene una cueva al final del río.
- B. El venado acaba de cruzar el río y busca a su grupo de venados.
- C. Hay un animal herbívoro y un animal carnívoro cerca del río.
- D. El lobo quiere caminar hasta las montañas.

4 GRADO

Cuatro estudiantes quieren comprobar por qué las plantas no pueden vivir sin la luz del sol y deciden hacer un experimento, pero no saben cuál sería la mejor manera de realizarlo. Cada uno propone un diseño de cómo hacerlo.

¿Cuál diseño de experimento sería el más adecuado para comprobar la importancia de la luz solar para las plantas?

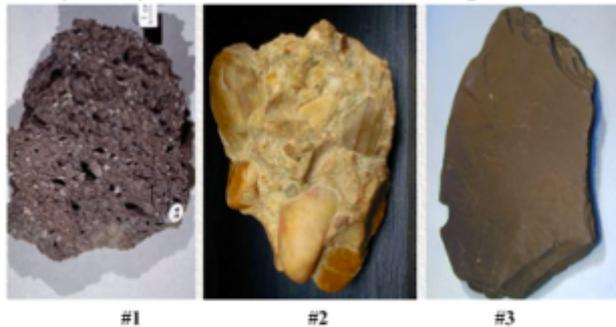
- A. Sembrar varias plantas a la luz solar y comparar su crecimiento durante todos los días de un mes.
- B. Sembrar varias plantas a la luz del sol y comparar su crecimiento durante 3 días.
- C. Sembrar varias plantas en la oscuridad y a la luz solar y comparar su crecimiento durante todos los días de un mes.
- D. Sembrar varias plantas en la oscuridad y a la luz solar y comparar su crecimiento durante 3 días.



Universidad de
San Andrés

4 GRADO

La siguiente imagen presenta un ejemplo de roca ígnea, sedimentaria y metamórfica. Si observas muy bien la imagen, podrás ver que la primera roca es una roca ígnea.



¿Qué característica tiene la roca #1 para poder clasificarla como roca ígnea?

- A. La coloración que tiene, producto de la acumulación de otras rocas, esqueletos de animales y minerales.
- B. Los orificios que tiene, producto de las burbujas de gases que quedaron atrapadas cuando la lava se enfrió.
- C. El tamaño que presenta, producto del aumento de la temperatura.
- D. La forma que presenta, producto de la disminución de la temperatura.

4 GRADO

La dureza es una propiedad de los minerales y se mide en una escala que va desde 1 hasta 9. La siguiente tabla muestra la dureza de diferentes materiales compuesto por algunos minerales:

Material	Dureza
R	6
S	2
T	8
V	4

Si quieres construir una pared que sea fuerte y resistente ¿qué material de la tabla utilizarías?

A. Material R.

B. Material S.

C. Material T.

D. Material V.

Universidad de
San Andrés

4 GRADO

Un geólogo invitó al grupo de 4° a que lo acompañen en una excursión al Cerro Picacho ubicado en el distrito de San Carlos de la Provincia de Panamá Oeste.

¿Qué instrumentos llevarías para ayudar al geólogo?

- A. Mapa, cuaderno de registro, cámara y bolsa plástica para recolectar ranas.
- B. Mapa, cuaderno de registro, lupa y bolsa plástica para recolectar mariposas.
- C. Mapa, lupa, tijera y bolsa plástica para recolectar hojas secas.
- D. Mapa, lupa, cuaderno de registro y bolsa plástica para recolectar rocas.



Universidad de
San Andrés