



# Transformando la manera de enseñar ciencias: evidencias a favor de la indagación

## Transforming the Way Science Is Taught: Evidence Supporting Inquiry-Based Education

Delfina D'Alfonso

*Centro de Investigación Educativa AIP, Ciudad de Panamá, Panamá*  
delfina.dalfonso@gmail.com

Nadia De León

*Centro de Investigación Educativa AIP, Instituto de Investigaciones Científicas y Servicios de Alta Tecnología de Panamá AIP, Ciudad de Panamá, Panamá*  
ndeleon@indicat.org.pa

María Heller, Lineth Campos, Krystel del Rosario

*Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación, Dirección de Innovación en el Aprendizaje de la Ciencia y la Tecnología, Ciudad de Panamá, Panamá*  
mheller@senacyt.gob.pa, lcampos@senacyt.gob.pa, kdelrosario@senacyt.gob.pa

**RESUMEN** • Este trabajo busca conocer el nivel de implementación de la enseñanza de las ciencias basada en la indagación (ECBI) por parte de docentes participantes de un programa de formación panameño y cómo este se relaciona con el aprendizaje de sus estudiantes. Los resultados muestran que los docentes son una población iniciada, pero aún principiante, en la implementación de la metodología. Luego se analizó la asociación entre el nivel de implementación de ECBI y el aprendizaje de los estudiantes medido con pruebas. Se encontró una asociación positiva significativa que invita a redoblar esfuerzos en una formación docente centrada en ECBI con especial atención en lograr altos niveles de implementación por parte de los docentes y continuar desarrollando su habilidad para incentivar el planteamiento de preguntas, preguntas científicas y predicciones por parte de los estudiantes.

**PALABRAS CLAVE:** ECBI; Formación docente; Indagación; Prácticas científicas.

**ABSTRACT** • This study aims to explore the level of implementation of Inquiry-Based Science Education (IBSE) by teachers participating in a Panamanian teacher training program and how this relates to their students' learning outcomes. Results show that teachers have begun to implement the methodology but are still at a beginners stage. Furthermore, the study analyzed the relationship between the level of IBSE implementation and student learning as measured by assessments. A significant positive association was found, suggesting the need to strengthen teacher training focused on IBSE, particularly in enhancing teachers' ability to achieve higher levels of implementation and encourage students to ask questions, scientific questions and make predictions.

**KEYWORDS:** IBSE; Teacher training; Inquiry; Scientific practices.

Recepción: marzo 2024 • Aceptación: octubre 2024 • Publicación: marzo 2025

D'Alfonso, D., De León, N., Heller, M., Campos, L. y del Rosario, K. (2025). Transformando la manera de enseñar ciencias: evidencias a favor de la indagación. *Enseñanza de las Ciencias*, 43(1), 5-22. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.6162>

## INTRODUCCIÓN

El desarrollo científico, tecnológico y la innovación son pilares fundamentales que permiten avances significativos a la humanidad. La búsqueda de estrategias que lleven al crecimiento y al bienestar en contextos de crisis demanda al mundo modelos de excelencia científica (UNESCO, 2021a). La ciencia, además de ser protagonista en todos los avances de la humanidad, es altamente beneficiosa desde un punto de vista individual, pues favorece el desarrollo de hábitos mentales como el escepticismo, pensar críticamente, realizar inferencias o argumentar sobre la base de evidencias para defender una idea (García-Carmona, 2023).

Considerando lo anterior, el diseño de experiencias de aprendizaje significativas y un enfoque en habilidades particulares de enseñanza se vuelven objetivos cruciales. Sin embargo, desde hace décadas varios autores 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 (Macedo, 2016; Gellon et al., 2019; Furman, 2021). Furman (2020) advierte acerca de la fuerte impronta enciclopedista que asume la enseñanza de las ciencias en la región, afirmando que la evaluación y las estrategias favorecen en gran medida la reproducción de conocimientos fácticos y definiciones conceptuales. 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.

Por consiguiente, elevar la calidad de la formación docente en América Latina resalta como una iniciativa clave para elevar la calidad de los sistemas educativos. Bruns y Luque (2015) afirman que el nivel de los estudiantes que ingresan en programas de formación docente es bajo, y la calidad de dichos programas también. Además, sostienen que la formación no logra transmitir suficiente dominio de los contenidos ni una pedagogía centrada en el estudiante, esta se halla aislada del resto del sistema escolar y de la formulación de políticas educativas.

Los resultados de las pruebas regionales e internacionales en las que Panamá ha participado muestran que la gran mayoría de los estudiantes no domina los contenidos ni las habilidades científicas necesarias para desempeñarse exitosamente en los tiempos que corren. En ERCE, los estudiantes panameños de 6.º grado obtuvieron puntajes estadísticamente inferiores a los de la región en ciencias (Unesco, 2021b). En PISA 2018, los resultados de Panamá se ubican por debajo del promedio de los países de la OCDE y por debajo del promedio regional (MEDUCA y OCDE, 2019).

Estudios previos en el país ya han identificado la escasez de prácticas efectivas para la enseñanza de diferentes asignaturas en las aulas (D'Alfonso et al., 2021; Cubilla-Bonnetier et al., 2024). Sin embargo, no se encuentran estudios disponibles hasta la fecha que estudien la enseñanza de las ciencias. Dada la relevancia que tiene la ciencia para el desarrollo de los países y para el desarrollo de habilidades personales, el contexto presentado justifica la necesidad de contar con docentes que conozcan y dominen las prácticas científicas, de tal manera que puedan impulsar su desarrollo en los estudiantes. En un intento por recolectar evidencias de una metodología que permite conocer el proceso de la ciencia y no solo su producto final, esta investigación se propuso conocer el nivel de implementación de la enseñanza de las ciencias basada en la indagación (ECBI) por parte de un grupo de docentes que participaron de un programa de formación en Panamá y cómo dicho nivel se relaciona con el aprendizaje de sus estudiantes.

Los esfuerzos en formación de ECBI en el país han surgido por parte de la Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SENACYT). En esta investigación se estudió Hagamos Ciencia (HC), uno de los programas de formación de la Dirección de Aprendizaje y Popularización de la Ciencia de la SENACYT, la cual complementa sus esfuerzos en el desarrollo profesional docente con el diseño de módulos de aprendizaje centrados en la resolución de problemas reales, desde la perspectiva de un docente guía que empuja a los estudiantes a aprender a través de las preguntas. El programa

desarrolló tres módulos para los grados de 4.º, 5.º y 6.º de primaria, cada uno se corresponde con un trimestre escolar. Estos parten de ideas científicas clave dentro de cada tema del trimestre que invitan a los estudiantes a construir conocimiento mientras se trabajan intencionalmente determinadas prácticas científicas.

Los docentes que imparten los módulos van acompañados por mentores, docentes experimentados 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 ECBI organizado por la SENACYT en alianza con colaboradores internacionales. Mediante la confección de un plan de desarrollo profesional y observaciones de aula que miden el nivel de implementación de ECBI con una rúbrica, los mentores brindan seguimiento a los docentes y los acompañan en procesos de reflexión sobre su práctica.

## MARCO TEÓRICO

### La enseñanza de las ciencias basada en la indagación

La ECBI consiste en hacer preguntas científicamente orientadas a alcanzar el conocimiento de las ideas científicas, al mismo tiempo que se impulsa el desarrollo de prácticas, como: formular preguntas científicas; diseñar investigaciones; usar herramientas apropiadas para recolectar, interpretar y analizar datos; formular explicaciones científicas utilizando evidencia; y comunicar, discutir y defender relaciones entre la evidencia y las explicaciones científicas (NRC, 2000).

Esta manera de enseñar ciencias ha generado polémica en los últimos años, resaltando la necesidad de reevaluar cómo se implementa la indagación en las aulas. Couso (2014) advierte acerca de que la indagación tiende a centrarse en el método o en el descubrimiento de explicaciones, lo que puede ignorar las concepciones previas de los alumnos y, por lo tanto, limitar la efectividad del aprendizaje. Otros enfoques críticos de la idea de colocar a los estudiantes en el rol de científicos en esta metodología sostienen que resulta difícil asumir con seguridad que 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 (Khalaf y Zin, 2018).

También existen resultados diversos respecto al aprendizaje logrado por estudiantes con esta metodología. Aguilera y colaboradores (2018), en un metaanálisis sobre ECBI en España, destacan una contribución de esta metodología al desarrollo de competencias, la comprensión del contenido y la mejora de la autoestima y actitudes de los estudiantes hacia las ciencias. Sin embargo, destacan el rol fundamental de los docentes en el proceso de enseñanza, su preparación y conocimientos previos sobre ECBI. Otro metaanálisis encontró diversidad en el tamaño del efecto que posee la ECBI para mejorar las habilidades de indagación en estudiantes de diferentes países del mundo. Concluyeron que, en promedio, el tamaño de efecto es medio (Firman y Abdurrahman, 2019).

Existe un relativo consenso en las academias de ciencia respecto a la importancia de aprender ciencias haciendo ciencia y de enseñar desde un enfoque indagatorio. Esto se refleja en los estándares de ciencia de próxima generación (en adelante, NGSS, por sus siglas en inglés), un 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 una educación científica de referencia internacional. Se destacan por reflejar la importancia del desarrollo de ciertas habilidades científicas para la vida. Estos fueron trabajados por diversos actores, tanto educadores como científicos, lo cual los convierte en un documento de punta a nivel global.

Los estándares proponen ocho prácticas que, trabajadas de manera progresiva a lo largo de los diferentes niveles y a través de metodologías innovadoras, 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 especialmente relevantes cuando se está aprendiendo ciencia, se trata de aprendizajes que se pueden extrapolar a la vida (NRC, 2012).

Esta investigación evaluó el nivel de implementación de algunas de estas prácticas científicas en las clases de ciencia de los docentes de HC. En primer lugar, se analizó la práctica de formular preguntas y realizar predicciones. Las preguntas son importantes en el proceso de construcción de ideas y modelos científicos, porque son las que concretan el objetivo de la investigación. Cobran sentido como práctica científica cuando se trata de interrogantes profundos que permiten a los estudiantes desarrollar habilidades de pensamiento de orden superior y poner en práctica el pensamiento crítico (Sidiq et al., 2021).

También se estudió la práctica de observar, recolectar, registrar y sistematizar datos. Implica usar una variedad de herramientas para tabular, representar de manera gráfica, visualizar y analizar estadísticamente datos e interpretarlos a partir de identificar características significativas y patrones (NGSS, 2014). Esta práctica es fundamental en el proceso de hacer ciencia, dado que los datos se convertirán en la evidencia que permitirá explicar fenómenos y construir conocimiento (Iwuanyanwu, 2022).

La práctica que fomenta construir explicaciones para comprender el mundo que nos rodea también fue considerada en este estudio. Se trata de describir e interpretar la relación que existe entre una o más variables con otra variable o conjunto de variables (NGSS, 2014). La importancia de esta radica en que supone demostrar una cadena de razonamientos hasta llegar a explicaciones basadas en evidencias que sostienen las ideas científicas (Krajcik et al., 2014).

Por último, la discusión de ideas también cobró relevancia como práctica científica en el marco de este estudio. Esta 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). En un contexto de intercambio dialógico, los estudiantes tienen la oportunidad de reflexionar sobre problemas en conjunto y analizar evidencias para alcanzar soluciones o acuerdos de manera colaborativa (Iwuanyanwu, 2023).

## **La formación docente efectiva en la enseñanza de las ciencias**

En una de sus publicaciones, el Consejo Nacional de Investigación de los Estados Unidos (NRC, 2000) establece directrices para lograr un desarrollo profesional efectivo en ciencias. Sugiere que la formación debe enfocarse en la indagación, tanto como un resultado de aprendizaje para los docentes como una forma para que estos aprendan ciencias. El documento también destaca como atributos efectivos del desarrollo profesional el fomento de un aprendizaje continuo y el acompañamiento de colegas.

Al revisar investigaciones sobre programas de desarrollo profesional docente en la enseñanza de las ciencias, se pueden identificar otras características que contribuyen a su efectividad, al evidenciar cambios positivos en las prácticas docentes, su conocimiento y el rendimiento de sus estudiantes. Las experiencias efectivas de formación profesional brindan oportunidades para que los docentes desarrollen sus propias habilidades científicas y conocimientos pedagógicos del contenido (Crawford y Capps, 2018; Sjøberg, 2019, como se citó en Strat et al., 2023), al tiempo que reflexionan críticamente sobre su práctica (Lederman y Lederman, 2019). Además, involucran a los docentes como estudiantes en los enfoques de aprendizaje que se espera que utilicen (Crawford y Capps, 2018; Sjøberg, 2019, como se citó en Strat et al., 2023).

En su estudio experimental, Diaconu y colaboradores (2012) evaluaron la efectividad de un programa de formación destinado a docentes de ciencias, utilizando pruebas de contenido, entrevistas y observaciones en el aula. Este capacitaba a docentes desde un enfoque constructivista y facilitaba comunidades de aprendizaje para el intercambio de experiencias con mentores. El grupo de docentes que adquirió el programa fue comparado con un grupo control y demostró diferencias significativas a su favor en el conocimiento de los contenidos de ciencias, en sus habilidades de liderazgo y en la aplicación de metodologías indagatorias.

Otros trabajos previos han identificado la importancia de involucrar a los participantes en el proceso de aprender sobre la base de la indagación y modelando estrategias de enseñanza durante el proceso de formación (Garet et al., 2021; Penuel et al., 2007). El apoyo a los docentes de ciencias tras haber tomado seminarios también se revela como factor crucial porque ofrece un espacio para aclarar dudas, interactuar con los formadores y recibir realimentación de las estrategias probadas en clase (Garet et al., 2001).

La formación de los docentes de HC adquiere varias de las características del desarrollo profesional efectivo. Como parte integral de la participación en el programa, los docentes reciben una formación inicial enfocada en indagación y formación continua en los recesos escolares con capacitaciones dictadas por expertos internacionales. El seguimiento continuo que reciben por parte de sus mentores es otra de las características de programas de formación docente efectivos. Los mentores se aseguran de reflexionar junto con los docentes acerca de la puesta en práctica efectiva de las prácticas de ECBI en sus clases.

Otra de las características del desarrollo profesional docente efectivo en el programa 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 la planificación analítica del taller «Integración de contenidos programáticos a partir de módulos de ciencias naturales», dictado en agosto de 2018, se evidencia que se les brindó a los participantes 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. 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 creaciones (SENACYT, 2018).

En lo que se refiere a las comunidades de aprendizaje, el programa comenzó a incentivarlas durante 2019. En algunas escuelas, se incentivó a los docentes 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).

## METODOLOGÍA

### Preguntas e hipótesis

Esta investigación se propuso responder las siguientes preguntas:

- ¿Cuál es el nivel de implementación de la metodología de enseñanza de las ciencias basada en la indagación por parte de los docentes de HC?

Por el tipo de pregunta, no se presenta una hipótesis. Sin embargo, se puede anticipar que dicho nivel no será alto, dado el predominio histórico de un modelo de educación transmisivo fuertemente mencionado por la literatura de la región. Se identificaron características del desarrollo

profesional docente efectivo en la formación y acompañamiento otorgado a los docentes del programa que podrían suponer que se alcanzará un nivel de implementación intermedio.

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

Las variables involucradas son el nivel de implementación de cada criterio observado. Los criterios se corresponden con las prácticas fundamentales de ECBI expuestas en el marco teórico, específicamente: 1) la secuencia de actividades propuesta para el objetivo del módulo (objetivo del módulo); 2) la formulación de preguntas y predicciones (preguntas y predicciones); 3) la observación, recolección, registro y sistematización de datos (manejo de datos); 4) la construcción de explicaciones; y 5) la discusión de ideas. Están definidas operacionalmente como el promedio de los puntajes obtenidos en las observaciones para cada uno de los criterios. Como hipótesis se plantea que existe una relación positiva significativa ( $p < 0,05$ ) entre el puntaje promedio de aplicación de los cinco criterios de ECBI al relacionarse unos con otros. Esto se debe a que, dentro del enfoque 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 a este, es necesario observar y registrar datos.

- ¿Cómo se relaciona el nivel de implementación de ECBI por parte de los docentes de HC con el aprendizaje de sus estudiantes?

Para esta pregunta, las variables independientes son los niveles de implementación de los cinco criterios de ECBI; y la variable dependiente, el aprendizaje de los estudiantes. Se utiliza la misma definición operacional del nivel de implementación por criterio de ECBI que se utilizó para la pregunta anterior. El aprendizaje de los estudiantes se define operacionalmente como el puntaje promedio obtenido en la prueba aplicada por la SENACYT de los grupos de estudiantes de los docentes observados. Como hipótesis se plantean: existe una relación positiva significativa ( $p < 0,05$ ) entre cada criterio de ECBI y el aprendizaje de los estudiantes; y que existe una relación positiva significativa entre todos los criterios tomados en conjunto y el aprendizaje de los estudiantes.

## Muestra

Se analizó toda la muestra de docentes que fueron observados por sus mentores dos o más veces a lo largo de 2019, y cuyo grupo de estudiantes tomó la prueba final del curso. Dado que 44 de los 291 docentes con observaciones poseían únicamente una observación, y dado que el grupo de estudiantes de dos de los docentes observados no tomó la prueba, la muestra se redujo a 245 docentes de 4.º, 5.º y 6.º grado y 2.213 estudiantes. Diez estudiantes por docente fueron elegidos de manera aleatoria para tomar la prueba. En grupos iguales o menores a diez, todos tomaron la prueba.

## Recolección y análisis de datos

El seguimiento a los docentes se hizo a partir de observaciones de clase realizadas por mentores. Durante 2019 se realizaron un total de 1.429 observaciones de los 245 maestros de ciencias. Los mentores completaron una pauta de observación siguiendo una serie de condiciones propuestas por la SENACYT para medir la implementación de los criterios de ECBI. Utilizaron una escala del 1 al 4 para evaluarlos, siendo 1 «iniciado en dicho criterio» y 4 «experto en dicho criterio». La tabla 1 presenta un ejemplo para el criterio construcción de explicaciones.

Tabla 1.  
Rúbrica para medir el nivel en el criterio construcción de explicaciones

| <i>Descripción de la rúbrica</i>  | <i>Nivel</i>    |
|---|-----------------|
| Permite que los estudiantes expongan sus opiniones sin sustento; valida las que considera más adecuadas.  | Iniciado (1)    |
| Está atento a las intervenciones de los estudiantes, pidiendo diferentes puntos de vista, pero no pide que estos se basen en evidencia y argumentación lógica.  | En progreso (2) |
| Está atento a las intervenciones de los estudiantes, pidiendo una argumentación lógica y evidencia que la sustente. Ofrece a los estudiantes oportunidades para compartirlas.   | Emergente (3)   |
| Está atento a las intervenciones de los estudiantes, pidiendo una argumentación lógica y evidencia que la sustente. Se asegura que comparen las explicaciones basadas en observaciones desarrolladas en las clases y las obtenidas de los libros u otras fuentes. | Experto (4)     |

La SENACYT entregó estos datos al equipo de investigación, junto a los resultados de las pruebas de los estudiantes de 4.º, 5.º y 6.º grado a finales de 2019. Las pruebas fueron diseñadas por coordinadores del programa y revisadas por un consultor externo. La coordinación del programa partió de conceptos y las habilidades científicas puestas en práctica en los módulos de cada grado para elaborar los ítems. En todas las pruebas, los ítems fueron de opción múltiple con cuatro opciones de respuesta para cada pregunta. Las autoridades del programa y los mentores administraron las pruebas de manera digital con tabletas durante los meses de octubre y noviembre de 2019. Se desarrolló un sistema de corrección automática de las respuestas.

Para responder la primera pregunta, se calculó un promedio por docente para cada criterio según la puntuación obtenida en la pauta de observación. Los resultados se interpretaron a la luz de la misma rúbrica, es decir, que los logros de los docentes del programa se evaluaron utilizando los propios criterios y objetivos de la SENACYT.

Para responder a la segunda pregunta, se computaron correlaciones de Pearson entre cada criterio con los otros cuatro criterios, e identificar así cómo se relacionan 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 ( $p < 0,05$ ) entre los criterios. 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 (Bonett y Wright, 2000), se computó una correlación de Pearson utilizando el *software* SPSS en su versión 25.

Para responder a la tercera pregunta, se calculó el promedio de respuestas correctas que los estudiantes alcanzaron en la prueba final de 2019 (el equivalente al puntaje promedio del grupo, ya que cada respuesta correcta equivale a un punto). 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. Luego se computaron cinco regresiones lineales utilizando SPSS en su versión 25 para determinar la relación por separado del promedio alcanzado en cada criterio de ECBI (calculado para la primera pregunta) con el aprendizaje de los estudiantes. Los criterios de ECBI fueron tomados como variables independientes y el aprendizaje de los estudiantes como la variable dependiente. Se buscó rechazar la hipótesis nula que afirma que no existe relación significativa ( $p < 0,05$ ) entre el criterio de ECBI analizado y el aprendizaje estudiantil. Por último, se construyó un modelo de regresión lineal múltiple, tomando todos los criterios de ECBI como variables independientes y el aprendizaje de los estudiantes como la variable dependiente, para determinar la relación que tienen todas juntas con el aprendizaje de los estudiantes. Una vez más, se definió significancia estadística con  $p < 0,05$ .

## RESULTADOS

### Implementación de la ECBI por parte de los docentes del programa

Al analizar los puntajes promedios obtenidos por los docentes del programa en cada uno de los criterios de ECBI, es posible observar en la tabla 2 que se encontraban progresando en todos. El resultado del análisis arrojó un nivel de implementación ligeramente superior a dos para todos los criterios observados. En todos hubo solo cierta evidencia de su aplicación; se observa un promedio bajo en el nivel de utilización de las prácticas científicas presentadas en el marco teórico de este estudio. Hubo un poco más de evidencia en el planteamiento de una secuencia de actividades alineada con los objetivos del módulo, en relación con las otras prácticas.

Tabla 2.  
Estadísticos descriptivos de puntajes  
promedios obtenidos en los criterios de ECBI.

|                               | <i>Media</i> | <i>DE</i> |
|-------------------------------|--------------|-----------|
| Objetivo del módulo           | 2,32         | 0,72      |
| Preguntas y predicciones      | 2,23         | 0,67      |
| Manejo de datos               | 2,23         | 0,70      |
| Construcción de explicaciones | 2,19         | 0,72      |
| Discusión de ideas            | 2,25         | 0,71      |

Los parámetros establecidos por la SENACYT sugieren que los docentes de ciencias aún plantean objetivos de aprendizaje muy ambiciosos, siendo difícil su consecución a través de las secuencias de actividades propuestas. Con relación a incentivar el planteamiento de preguntas, preguntas científicas y predicciones por parte de los estudiantes, en promedio, no se evidenció que se utilicen diferentes tipos de preguntas, según los momentos de la clase, ni que se promueva el planteamiento de preguntas y predicciones por parte de los estudiantes.

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 HC proponen a sus estudiantes actividades prácticas de este tipo y los orientan al registro de datos. Sin embargo, no enfatizan suficientemente en la importancia de utilizar los datos como evidencia para responder a las preguntas planteadas y para proporcionar explicaciones pertinentes.

En lo relativo a construir explicaciones, suelen estar atentos a las intervenciones de los estudiantes, aceptando 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 de 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.

Por último, con relación a promover una clara diferenciación entre argumentos basados en evidencias y aquellos basados en opiniones personales durante las discusiones, los docentes admiten discusiones en sus clases, pero estas no se sustentan en datos o en evidencias científicas. Esto dificulta que los estudiantes diferencien argumentos lógicos de opiniones personales.



Esta situación podría atribuirse a aspectos que mejorar en la formación recibida, así como al tiempo de participación en el programa, ya que los docentes observados tenían entre uno y tres años de experiencia en este, aunque no se dispone de información precisa sobre la duración exacta de su participación individual. Considerando que, en promedio, podrían llevar pocos años participando, es esperable que todavía no alcancen altos niveles de implementación de la ECBI (NRC, 2000). Por otro lado, estos resultados resaltan aspectos clave en los que los diseñadores de la formación podrían intervenir, como por ejemplo incluir prácticas que ayuden a los docentes a fomentar la capacidad de los estudiantes para reflexionar críticamente sobre sus propias preguntas y predicciones.

Tras evaluar la correspondencia de todos los pares de relaciones posibles de los criterios de ECBI observados. La tabla 3 muestra que se encontró una relación positiva significativa entre los diez pares de criterios explorados. Todas las variables se correlacionan fuertemente entre sí, dado que los coeficientes son mayores a 0,50 (Cohen, 1988).

La fuerza encontrada en estas correlaciones es alentadora, ya que demuestra cierta intención por parte del programa de trabajar los criterios de manera interconectada para optimizar el aprendizaje de los estudiantes. También podrían indicar que los docentes están fomentando que los estudiantes conozcan el quehacer científico completo, que se está trabajando de manera integrada la ciencia como proceso y favoreciendo, por consiguiente, un aprendizaje duradero.

Tabla 3.  
Correlaciones entre los criterios de ECBI observadas.

|                               | <i>Objetivo del módulo</i> | <i>Preguntas y predicciones</i> | <i>Manejo de datos</i> | <i>Construcción de explicaciones</i> | <i>Discusión de ideas</i> |
|-------------------------------|----------------------------|---------------------------------|------------------------|--------------------------------------|---------------------------|
| Objetivo del módulo           | 1                          | .786**                          | .810**                 | .806**                               | .788**                    |
| Preguntas y predicciones      | .786**                     | 1                               | .817**                 | .817**                               | .826**                    |
| Manejo de datos               | .810**                     | .817**                          | 1                      | .878**                               | .846**                    |
| Construcción de explicaciones | .806**                     | .817**                          | .878**                 | 1                                    | .920**                    |
| Discusión de ideas            | .788**                     | .826**                          | .846**                 | .920**                               | 1                         |

\*\* La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

### Relación entre el nivel de implementación de ECBI y el aprendizaje

Antes de computar el modelo de regresión lineal múltiple se optó por computar regresiones lineales de cada variable independiente con la variable dependiente. Cada uno de los cinco criterios de ECBI tomados por separado fueron predictores significativos del aprendizaje de los estudiantes. El resultado del análisis de asociación de la variable objetivo y secuencia de actividades con el aprendizaje de los estudiantes indicó una relación positiva y significativa ( $F(245) = 18,92$ ,  $p < .001$ ,  $R^2 = .072$ ). Dicha variable explicó el 7 % de la varianza del aprendizaje. El criterio que explicó en mayor proporción la varianza de la variable dependiente fue la de promover la formulación de preguntas y predicciones, y logró explicar el 12 % de la varianza del aprendizaje ( $F(245) = 32,79$ ,  $p < .001$ ,  $R^2 = .119$ ).

También se encontró una relación positiva del criterio observación, recolección, registro y sistematización de datos con el aprendizaje de los estudiantes de los docentes del programa ( $F(245) = 23,16$ ,  $p < .001$ ,  $R^2 = .087$ ). La práctica de construir explicaciones también se relacionó 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 relación positiva y significativa con la variable dependiente ( $F(245) = 29,19$ ,  $p < .001$ ,  $R^2 = .107$ ).

Para determinar la relación entre el nivel de implementación de todos los criterios de ECBI en conjunto y 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 de la variable 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. El modelo predictivo final fue:

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

Tabla 4.  
Estadísticas de la regresión.

| Modelo | R     | R cuadrado | R cuadrado ajustado | Error estándar de la estimación |
|--------|-------|------------|---------------------|---------------------------------|
| 1      | .361a | 0.130      | 0.112               | 0.09                            |

Tabla 5.  
Anova.

| Modelo | Suma de cuadrados | gl    | Media cuadrática | F     | p     |       |
|--------|-------------------|-------|------------------|-------|-------|-------|
| 1      | Regresión         | 0,297 | 5                | 0,059 | 7,164 | .000b |
|        | Residuo           | 1,984 | 239              | 0,008 |       |       |
|        | Total             | 2,282 | 244              |       |       |       |

Tabla 6.  
Estimación del modelo de regresión múltiple.

| Modelo | Coeficientes no estandarizados |             | Coeficientes estandarizados | t      | p      |       |
|--------|--------------------------------|-------------|-----------------------------|--------|--------|-------|
|        | B                              | Desv. error | Beta                        |        |        |       |
| 1      | (Constante)                    | 0,291       | 0,021                       |        | 13.689 | 0.000 |
|        | Objetivo del módulo            | -0,011      | 0,015                       | -0,078 | -0,687 | 0,493 |
|        | Preguntas y predicciones       | 0,037       | 0,017                       | 0,260  | 2,150  | 0,033 |
|        | Manejo de datos                | -0,010      | 0,019                       | -0,073 | -0,519 | 0,605 |
|        | Construcción de explicaciones  | 0,026       | 0,024                       | 0,191  | 1,077  | 0,282 |
|        | Discusión de ideas             | 0,008       | 0,022                       | 0,061  | 0,370  | 0,712 |

## CONCLUSIONES Y DISCUSIÓN

En primer lugar, este estudio se propuso conocer el nivel de implementación de la ECBI de los docentes que formaron parte de un programa panameño de formación docente enfocado en esta metodología para reflexionar sobre la formación que reciben. Según consensos reflejados en los NGSS, se esperaría que docentes altamente capacitados logren con sus estudiantes formular preguntas sobre textos leídos, sobre los fenómenos observados y sobre conclusiones alcanzadas por otros. También se esperaría que impulsen a sus estudiantes a planificar y llevar a cabo investigaciones: establecer objetivos, predecir resultados y determinar los pasos para encontrar la mejor evidencia que respalde las conclusiones. Deberían fomentar el uso de variadas herramientas para tabular, graficar, visualizar y analizar estadísticamente datos e interpretarlos identificando características significativas y patrones. Asimismo, se esperaría que guíen a sus estudiantes en la construcción de explicaciones de la relación entre variables, mientras desarrollan razonamiento y formulan argumentos basados en evidencia para elaborar la mejor explicación de un fenómeno (NGSS, 2014).

El bajo nivel de implementación de las prácticas de ECBI encontrado entre los docentes puede explicarse por el hecho de que estos 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 aún (NRC, 2000). Además, es probable que el modelo transmisivo tan característico del contexto latinoamericano (Macedo, 2016; Gellon et al., 2019; Furman, 2021) posea influencia en la manera de enseñar de los docentes, lo cual podría indicar que su punto de partida en ECBI en ese momento aún era bajo.

Limitaciones metodológicas dificultan extraer conclusiones precisas de esta parte del estudio. Dado que la dirección de programa no se propuso como objetivo evaluar el efecto de su programa de formación en la práctica de los docentes, 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.

No obstante, dada la inversión de recursos en un programa como el estudiado, y dado que el nivel de implementación documentado puede resultar por debajo de lo esperado, se podrían considerar estrategias importantes para aumentar el nivel de absorción de lo impartido en la capacitación docente, con el fin de observar mejor la implementación en el aula, tanto en HC como en otros programas similares. Los resultados sugieren ciertos ajustes que se podrían hacer en el diseño de la formación para adecuarse más al nivel de ECBI de los docentes. Programas de este tipo podrían beneficiarse de un componente que prepare a los educadores para definir objetivos más realistas y desarrollar secuencias de actividades coherentes y viables que se adapten al nivel de sus estudiantes. Esto podría incluir tareas dentro de la formación para planificar secuencias de actividades para un determinado objetivo propuesto, enfocarse en que sean escalonadas y que guíen a los estudiantes de manera progresiva hacia metas más complejas.

También podría ser beneficioso introducir en la formación módulos sobre estrategias para plantear preguntas en los diferentes momentos de la clase, enfocadas en cómo formular preguntas científicas, de exploración y de reflexión, así como el modelado de prácticas que guíen a los estudiantes en reflexiones críticas sobre sus propias preguntas y predicciones. Desarrollar actividades de formación centradas en el uso de datos y evidencia para construir explicaciones también podría enriquecer los programas actuales. Se podrían utilizar estudios de casos en los que los docentes analicen datos reales y practiquen cómo guiar a los estudiantes en la formulación de conclusiones basadas en esos datos.

La formación también podría reforzar el facilitar discusiones donde se valore y se use la evidencia científica de manera explícita e incluir un enfoque más fuerte en la argumentación científica, promoviendo así un razonamiento lógico y basado en datos entre los estudiantes. Esto se podría hacer a partir de proponer actividades para comparar y contrastar diferentes fuentes de información, y luego modelar cómo guiar a los estudiantes en una evaluación de la consistencia y validez de las ideas basadas en estas fuentes.

El resultado de la segunda pregunta de investigación 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. La correlación más fuerte fue entre proponer actividades prácticas, en las cuales deben observar, medir, recoger datos o información, registrarlos y manejar variables, y promover una diferenciación entre argumentos basados en evidencias y aquellos basados en opiniones durante las discusiones. La coordinación de la evidencia y la teoría para apoyar o refutar una conclusión, la argumentación, es una tarea epistémica y un proceso de discurso que representa un componente clave de la educación contemporánea (NGSS, 2014). Este hallazgo indica que el trabajo con datos concretos en actividades prácticas fortalece la capacidad de los estudiantes para discernir entre evidencia sólida y meras opiniones en contextos científicos, destacando la relevancia de integrar prácticas experimentales con el desarrollo de habilidades de argumentación.

También se encontró una correlación muy fuerte entre la discusión de ideas y las preguntas y predicciones. Según la literatura, esto aporta a la generación de un clima de aprendizaje en el cual se promueve la creación de sentido colectivo (Erdogan y Campbell, 2008). Estudios previos coinciden en que las preguntas científicas cobran especial relevancia cuando se plantean sobre la base del desarrollo de habilidades de pensamiento de orden superior para estimular el pensamiento crítico de los estudiantes, especialmente en el nivel primario (Permana y Utomo, 2021; Sidiq et al., 2021). Además, estas preguntas facilitan un clima de aprendizaje en el que los estudiantes se involucran en discusiones y análisis, al igual que muchos científicos.

La tercera correlación más fuerte fue entre proponer a los estudiantes actividades prácticas, en las cuales deben observar, recolectar, registrar y sistematizar datos, y la construcción de explicaciones. Esto podría significar que los docentes están alejándose de la simple transmisión de información para pasar a guiar a sus estudiantes a construir explicaciones de los fenómenos y confirmar hipótesis. Así, los estudiantes incorporan una estrategia para formular explicaciones, demuestran una cadena de razonamientos y usan evidencia para justificar ideas (Krajcik et al., 2014).

El hecho de que en dos de las correlaciones más fuertes resalte la práctica de observación y manipulación de datos, sumado a que el promedio de aplicación más bajo encontrado fue precisamente el de construir explicaciones, ofrece una perspectiva valiosa sobre la naturaleza de la enseñanza de las ciencias en el contexto panameño. Esto podría indicar que los docentes del programa aún se ubican dentro de un enfoque de indagación tradicional, al centrarse en una parte del proceso científico, la experimentación en este caso, sugiriendo un énfasis considerable en el aspecto práctico de la indagación. De alguna manera, esto podría implicar que se ofrecen oportunidades limitadas para participar en los aspectos sociales del aprendizaje que surgen del compromiso con las comunidades profesionales de práctica (Walsh y McGowan, 2017). Programas de formación de este tipo podrían beneficiarse de incorporar la enseñanza de diversas técnicas para socializar resultados de investigaciones y para el fomento de discusiones en las que se compare y contraste la evidencia con las explicaciones desarrolladas.

La fuerza encontrada en estas correlaciones demuestra cierta intención del programa de fomentar las prácticas científicas de manera asociada unas con otras. Este podría ser el inicio de un camino hacia el desarrollo de habilidades científicas para la vida, gran parte de los beneficios que una educación en ciencias tiene para los estudiantes. Otra posible explicación de estos resultados podría ser que esto sucede simplemente porque hay docentes que dominan esas prácticas mejor que otros y los motivos

pueden ser varios: porque realizaron otros programas de formación, porque se interesaron y aprendieron sobre ECBI por su cuenta, etc. Para evaluar con mayor precisión si es HC la variable que logra afianzar este tipo de destrezas en los docentes, una vez más, es necesario comparar observaciones con un grupo control.

Esta investigación también buscó conocer la relación entre la implementación de la ECBI y el aprendizaje de los estudiantes, en primer lugar, a partir de computar regresiones lineales simples entre cada criterio de ECBI y el aprendizaje. Todas las regresiones muestran que cuando un docente domina satisfactoriamente un criterio, sus estudiantes demuestran mayores aprendizajes. Este hallazgo proporciona una base sólida para abogar por enfoques pedagógicos que enfatizan la incorporación equitativa de estas prácticas de ECBI, ya que cada criterio aporta de manera única al desarrollo de habilidades y conocimientos.

La variable que mantiene una relación más fuerte con la variable dependiente fue la de las preguntas y predicciones. Las preguntas abren el diálogo con el mundo real y permiten poner en práctica el pensamiento crítico. 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. Este resultado muestra un punto de partida alentador para mejorar todas las demás prácticas, que parten de una pregunta científica, y así lograr una apreciación de cómo se desarrolla el conocimiento científico.

Por otro lado, se computó una regresión lineal múltiple para determinar la asociación entre todas las variables juntas con el aprendizaje de los estudiantes. Esta demostró que, a mayor nivel de implementación de la ECBI, mejores son los resultados de los estudiantes y que esta asociación es significativa. Esta conclusión respalda la idea de que la ECBI no solo es una metodología prometedora para contextos como el panameño, sino que su efectividad está directamente vinculada con el dominio y la aplicación coherente de sus prácticas fundamentales. 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. Una vez más, para lograr identificar con mayor precisión si la responsable de este resultado es la participación en HC, resultaría necesario repetir este estudio con un grupo control.

Estos resultados sientan un precedente en la región, dado que permiten afirmar que una buena práctica docente de ECBI maximiza el desarrollo cognitivo de los estudiantes y se relaciona con los beneficios que la ciencia aporta a la sociedad y a los individuos. La formación docente es una parte estratégica de la política educativa en la que los supuestos acerca de cómo se define una buena educación podrían verse claramente (Beech, 2006). La relevancia de los hallazgos de este estudio radica en que no solo se evidenció una asociación significativa, sino que dicha asociación se observó en los diferentes niveles de implementación por parte de los docentes. Por consiguiente, no solo es importante continuar capacitando en ECBI, sino que es relevante prestar atención a maximizar el nivel de implementación de dicha metodología para alcanzar mejoras en el desarrollo de las competencias científicas de estudiantes beneficiarios de este tipo de programas.

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, es necesario redoblar esfuerzos en la formación docente efectiva en ciencias. Según la literatura y lecciones aprendidas de este programa, 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).

Un programa de formación que integre todas las prácticas científicas relevantes, en el marco de políticas y planes estratégicos, podría significar la mejora en la práctica docente y en los aprendizajes de los estudiantes. Al mismo tiempo, es necesario el foco en el aprendizaje sobre la base de la indagación y modelando estrategias de enseñanza durante el proceso de formación, al igual que brindar a los docentes acompañamiento o *coaching* con expertos para una transferencia efectiva a la práctica de lo aprendido en la formación. Particularmente, en el marco de este y otros programas similares, 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.

## REFERENCIAS

- Aguilera, D., Martín-Páez, T., Valdivia-Rodríguez, V., Ruiz-Delgado, A., Williams-Pinto, L., Vílchez-González, J. M. y Perales-Palacios, F. J. (2018). La enseñanza de las ciencias basada en indagación. Una revisión sistemática de la producción española. *Revista de Educación*, 381, 259-284. <http://doi.org/10.4438/1988-592X-RE-2017-381-388>
- Beech, J. (2006). Las agencias internacionales, el discurso educativo y las reformas de la formación docente en Argentina y Brasil (1985-2002): Un análisis comparado. Universidad de San Andrés. <http://hdl.handle.net/10908/557>
- Bonett, D. G. y Wright, T. A. (2000). Sample size requirements for estimating Pearson, Kendall and Spearman correlations. *Psychometrika*, 65, 23-28. <https://doi.org/10.1007/BF02294183>
- Bruns, B. y Luque, J. (2015). *Profesores excelentes: cómo mejorar el aprendizaje en América Latina y el Caribe*. Banco Mundial.
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2.<sup>a</sup> ed.). Lawrence Erlbaum Associates.
- Couso, D. (2014). De la moda de «aprender indagando» a la indagación para modelizar: una reflexión crítica. Departament de Didàctica de les Matemàtiques i les Ciències Experimentals / CRECIM. Universitat Autònoma de Barcelona.
- Cubilla-Bonnetier, D., D'Alfonso, D. y De León Sautú, N. (2024). *Lectoescritura en foco: factores que influyen en el rendimiento lector*. Centro de Investigación Educativa AIP de Panamá. <https://ciedupanama.org/informe-publico-lectoescritura-en-foco/>
- D'Alfonso, D., Warren, N., González, E., Rodríguez, A., Pitti, K., y De León Sautú, N. (2021). Prácticas docentes de aula en la enseñanza del pensamiento computacional en escuelas medias oficiales y particulares de la región metropolitana de la Ciudad de Panamá. *Acción y Reflexión Educativa*, 46, 207- 230. <https://doi.org/10.48204/j.are.n46a9>
- Diaconu, D. V., Radigan, J., Suskavcevic, M., y Nichol, C. (2012). A multi-year study of the impact of the rice model teacher professional development on elementary science teachers. *International Journal of Science Education*, 34(6), 855-877. <https://doi.org/10.1080/09500693.2011.642019>
- Erdogan, I., y Campbell, T. (2008). Teacher questioning and interaction patterns in classrooms facilitated with differing levels of constructivist teaching practices. *International Journal of Science Education*, 30(14), 1891-1914. <https://doi.org/10.1080/09500690701587028>
- Firman, M. A., Ertikanto, C., y Abdurrahman, A. (2019). Description of meta-analysis of inquiry-based learning of science in improving students' inquiry skills. *Journal of Physics: Conference Series*, 1157(2). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1157/2/022018>
- Furman, M. (2020). *Aprender Ciencias en las escuelas primarias de América Latina: ¿dónde estamos y cómo podemos mejorar*. Oficina de Unesco en Montevideo. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000375199>

- Furman, M. (2021). *Enseñar distinto: Guía para innovar sin perderse en el camino*. Siglo XXI Editores.
- García-Carmona, A. (2023). Scientific thinking and critical thinking in science education: Two distinct but symbiotically related intellectual processes. *Science & Education*, 1-19.  
<https://doi.org/10.1007/s11191-023-00460-5>
- Garet, M. S., Porter, A. C., Desimone, L., Birman, B. F. y Yoon, K. S. (2001). What makes professional development effective? Results from a national sample of teachers. *American educational research journal*, 38(4), 915-945. <https://doi.org/10.3102/00028312038004915>
- Gellon, G., Feher, E. R., Furman, M. y Golombek, D. (2019). *La ciencia en el aula: lo que nos dice la ciencia sobre cómo enseñarla*. Siglo XXI Editores.
- Iwuanyanwu, P. N. (2022). What Students Gain by Learning through Argumentation. *International Journal of Teaching and Learning in Higher Education*, 34(1), 97-107.
- Iwuanyanwu, P. N. (2023). When science is taught this way, students become critical friends: Setting the stage for student teachers. *Research in Science Education*, 53(6), 1063-1079.  
<https://doi.org/10.1007/s11165-023-10122-9>
- Khalaf, B. K. y Zin, Z. B M. (2018). Traditional and Inquiry-Based Learning Pedagogy: A Systematic Critical Review. *International Journal of Instruction*, 11(4), 545-564.  
<https://doi.org/10.12973/iji.2018.11434a>
- Krajcik, J., Codere, S., Dahsah, C., Bayer, R. y Mun, K. (2014). Planning instruction to meet the intent of the Next Generation Science Standards. *Journal of Science Teacher Education*, 25(2), 157-175. <https://doi.org/10.1007/s10972-014-9383-2>
- Lederman, N. G. y Lederman, J. S. (2019). Teaching and Learning of Nature of Scientific Knowledge and Scientific Inquiry: Building Capacity through Systematic Research-Based Professional Development. *Journal of Science Teacher Education*, 30(7), 737-762.  
<https://doi.org/10.1080/1046560X.2019.1625572>
- Macedo, B. (2016). Educación Científica. Oficina Regional de Ciencias de la UNESCO para América Latina y el Caribe. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000246427>
- MEDUCA y OCDE (2019). *Programa para la Evaluación Internacional de los Estudiantes: Panamá*, MEDUCA-OCDE. <https://www.educapanama.edu.pa/?q=articulos-educativos/articulos/programa-para-la-evaluacion-internacional-de-estudiantes-pisa-panama>
- NGSS, Next Generation Science Standards (2014). *Read The Standards*.  
<https://www.nextgenscience.org/search-standards>
- NRC, National Research Council (2000). *Inquiry and the national science education standards: A guide for teaching and learning*. National Academies Press.
- NRC, National Research Council (2012). *A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. National Academies Press.
- Penuel, W. R., Fishman, B. J., Yamaguchi, R. y Gallagher, L. P. (2007). What makes professional development effective? Strategies that foster curriculum implementation. *American educational research journal*, 44(4), 921-958. <https://doi.org/10.3102/0002831207308221>
- Permana, D. y Utomo, U. (2021). Learning needs analysis: Thematic teaching book based on HOTS assisted with 3D stereoscopic images to improve critical thinking ability of elementary school students. *International Journal for Educational and Vocational Studies*, 3(2), 116-123.  
<https://doi.org/10.29103/ijevs.v3i2.3294>
- Rundgren, C. J. (2018). Implementation of inquiry-based science education in different countries: some reflections. *Cultural Studies of Science Education*, 13(2), 607-615.  
<https://doi.org/10.1007/s11422-016-9787-8>

- SENACYT (2018). La SENACYT y MEDUCA realizaron el seminario taller La Evaluación como herramienta en la enseñanza de ciencias. *SENACYT*. <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*. <https://www.senacyt.gob.pa/la-senacyt-promueve-intercambio-pedagogico-entre-maestros-del-proyecto-hagamos-ciencia/>
- Sidiq, Y., Ishartono, N., Desstya, A., Prayitno, H. J., Anif, S. y Hidayat, M. L. (2021). Improving elementary school students' critical thinking skill in science through hots-based science questions: A quasi-experimental study. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 10(3), 378-386  
<https://doi.org/10.15294/jpii.v10i3.30891>
- Strat, T. T. S., Henriksen, E. K. y Jegstad, K. M. (2023). Inquiry-based science education in science teacher education: a systematic review. *Studies in Science Education*, 1-59.  
<https://doi.org/10.1080/03057267.2023.2207148>
- UNESCO. (2021a). La ciencia al servicio de la sociedad. *UNESCO*. <https://es.unesco.org/themes/ciencia-al-servicio-sociedad>
- UNESCO. (2021b). Estudio Regional Comparativo y Explicativo (ERCE 2019): Reporte nacional de Resultados, Panamá. *UNESCO*. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000380251>
- Walsh, E. M. y McGowan, V. C. (2017). «Let your data tell a story»: climate change experts and students navigating disciplinary argumentation in the classroom. *International Journal of Science Education*, 39(1), 20-43. <https://doi.org/10.1080/09500693.2016.1264033>



---

# Transforming the Way Science Is Taught: Evidence Supporting Inquiry-Based Education

Delfina D'Alfonso

Centro de Investigación Educativa AIP, Ciudad de Panamá, Panamá  
delfina.dalfonso@gmail.com

Nadia De León

Centro de Investigación Educativa AIP, Instituto de Investigaciones Científicas y Servicios de Alta Tecnología de Panamá AIP, Ciudad de Panamá, Panamá  
ndeleon@indicat.org.pa

María Heller, Lineth Campos, Krystal del Rosario

Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación, Dirección de Innovación en el Aprendizaje de la Ciencia y la Tecnología, Ciudad de Panamá, Panamá  
mheller@senacyt.gob.pa, lcampos@senacyt.gob.pa, kdelrosario@senacyt.gob.pa

The critical role of science in driving technological innovation and social advancement highlights the need for robust science education systems. However, in Latin America, science teaching at the primary level remains predominantly transmissive (Furman, 2021). In Panama, concerns persist regarding the quality of science education, with low student performance in both regional and international assessments (UNESCO, 2021b; (MEDUCA y OCDE, 2019). This research explores Inquiry-Based Science Education (IBSE), a method that fosters active student engagement through questioning, investigation, and evidence-based explanations, which can lead to significant learning outcomes (NRC, 2000). The study investigates the implementation of IBSE among teachers participating in *Hagamos Ciencia* (HC), a professional development program led by the National Secretariat for Science, Technology, and Innovation, and its relationship between program implementation and students' science performance.

The study is framed in the theoretical foundations of IBSE, emphasizing the learning of science through engagement in scientific practices. This approach focuses on scientific practices outlined in the Next Generation Science Standards, a widely recognized framework for advancing science education. The use of several appropriate science teaching practices was examined among Panamanian teachers in HC, including proposing activities aligned with learning objectives; formulating questions and predictions; observing, collecting, and systematizing data; constructing explanations; and discussing ideas.

Researchers utilized a mixed-methods approach combining classroom observations with students' performance measured through tests at the end of 2019, with a sample of 245 4th, 5th, and 6th-grade teachers and their 2,213 students. Mentors conducted observations using a rubric specifically designed for the program, which measured the level of implementation of appropriate science teaching practices on a Likert scale from 1 (beginner) to 4 (expert). The average implementation level for each observed practice was calculated, and a qualitative characterization of teachers' proficiency in IBSE implementation was developed. To examine the relationship between IBSE implementation and student performance, the average test scores of each teacher's students were calculated. Linear regressions were conducted for each science teaching practice to assess its individual association with learning outcomes, followed by a multiple regression model to further explore the overall relationship between IBSE practices and student performance.

Results indicate that HC teachers are generally at the beginner stage of IBSE implementation. The data highlighted teacher challenges in promoting the formulation of significant scientific questions and predictions. Teachers encourage observation and data collection, while the use of this data as evidence to construct explanations is not sufficiently emphasized. Importantly, classroom discussions often rely on consensus rather than evidence-based argumentation. Each of the five practices, when considered separately, was a significant predictor of student performance. Regression analysis also revealed a significant positive correlation between the overall level of IBSE implementation and student learning. Within the overall model, asking questions was the only significant variable, as well as the intercept.

This study contributes to the growing body of evidence supporting IBSE as a transformative science education approach, underscoring the need for sustained and focused teacher training in order to fully realize its potential. The findings suggest that to achieve higher levels of IBSE implementation, teacher training should include particular emphasis on fostering teachers' ability to guide students in asking questions, engaging in scientific inquiry, and making predictions. Additionally, teachers need special support in learning how to guide their students in the process of utilizing their findings as evidence to support their arguments.