

La naturaleza de la indagación científica como elemento transformador en la formación de profesores de física: del aprendizaje en la formación a la implementación en el aula

Cristóbal Reyes Cáceres ^{1*}, Juan P. Jiménez P.¹

Resumen

La comprensión de la Naturaleza de la Indagación científica (NOSI en inglés) ha sido promovida como un objetivo para la promoción de la alfabetización científica. Sin embargo, pocos estudios abordan la comprensión de la NOSI en profesores en formación de física y su enseñanza en el aula. Por lo tanto, este estudio analiza los resultados de la enseñanza de la NOSI en profesores de física en formación. Con un enfoque cualitativo descriptivo y una muestra de 10 estudiantes de pedagogía en física, se analizan los cambios en sus concepciones y prácticas pedagógicas a través del cuestionario VASI antes y después de una intervención en NOSI, así como análisis de planificaciones de clase. Los resultados destacan posibles desafíos en la implementación de la indagación científica y su comprensión epistemológica. En conjunto, estos hallazgos buscan aportar al diseño de estrategias formativas que promuevan prácticas investigativas y fortalezcan la alfabetización científica.

Palabras clave: Alfabetización científica, naturaleza de la indagación científica, formación docente

1. Introducción

La alfabetización científica es un objetivo fundamental en la educación científica actual (Osborne, 2023), ya que su alcance asegura el desarrollo de habilidades y actitudes que permite a todo ciudadano comprender e interactuar con el mundo natural permitiéndole tomar decisiones informadas, comprender problemáticas globales, adaptarse al mundo tecnológico y tomar conciencias de su responsabilidad social y ambiental (OECD, 2006). En este contexto, la Naturaleza de la indagación Científica (NOSI, en inglés) juega un rol clave, ya que se centra en cómo se lleva a cabo la investigación científica, diferenciándola de otros métodos de construcción de conocimiento (Schwartz et al., 2023). Las principales dimensiones o aspectos de la NOSI (Lederman et al., 2014) abarcan varios aspectos esenciales: (1) Las investigaciones científicas inician con preguntas y no necesariamente requieren de una hipótesis, lo que resalta la importancia de las preguntas de investigación en el trabajo científico; (2) No existe un único método científico, subrayando la flexibilidad de los enfoques en investigación y no encasillando en solo un método científico; (3) Pueden existir diferencia en los resultados obtenidos por diferentes investigadores y (4) Los procesos de investigación pueden afectar a los resultados obtenidos, destacando la variabilidad inherente en la investigación científica; (5) Hay diferencia entre datos y evidencia, lo que enfatiza el proceso de interpretación y análisis en la ciencia; (6) Los procedimientos de investigación se guían por las preguntas formuladas, lo cual conecta el diseño metodológico directamente con los objetivos; (7) los resultados deben estar alineados con los datos recolectados y (8) Las explicaciones se elaboran a la luz de los datos recogidos y la información existente relevando la importancia de los nuevos datos y la contrastación empírica con los estudios existentes. Estas dimensiones no solo orientan la práctica científica, sino que también aportan al desarrollo de una comprensión profunda y precisa sobre la naturaleza del conocimiento científico (NOSK en inglés).

A pesar de la relevancia de la NOSI como conocimiento epistémico de las características de los métodos que utilizan los científicos para producir el conocimiento científico, estudios como los de Cigdemoglu y Köseoğlu (2019) señalan que, en los docentes, pueden existir concepciones poco informadas sobre la NOSI. En este sentido, este estudio se centra en analizar los cambios en las concepciones y prácticas pedagógicas de profesores en formación, que se encuentran en su práctica profesional. Se busca analizar las nociones iniciales que estos docentes tienen sobre la NOSI y como estas concepciones pueden cambiar por medio de una intervención didáctica, y cómo el conocimiento adquirido de la NOSI puede ser incorporado a través de la enseñanza explícita de los aspectos de la NOSI en el aula y así contribuir, o no, al desarrollo de visiones informadas sobre la investigación científica en sus estudiantes.

2. Metodología

Este estudio emplea un diseño de investigación cualitativo descriptivo (Monje, 2011) para analizar el impacto de la implementación de actividades de enseñanza explícita sobre la indagación científica y su incorporación en la planificación de clases por parte de profesores en formación de Física en práctica profesional. Con el objetivo de evaluar los cambios en sus visiones y prácticas, se utiliza el cuestionario VASI (Views About Scientific Inquiry) antes y después de las intervenciones, categorizando las respuestas en niveles de conocimiento ingenuo, mixto e informado (Al-Lal et al., 2017) de acuerdo con su nivel de comprensión de los aspectos de la NOSI. Se realizaron seis semanas de intervención. En ellas se trabajaron dos actividades diseñadas para explorar la naturaleza de la indagación científica y validadas por Lederman (2014). Estas actividades han sido traducidas y usadas en el contexto nacional (Jiménez, 2022). En la primera actividad denominada "Twirly", los estudiantes reciben un dispositivo volador simple y comienzan observando su comportamiento al hacerlo volar. Luego reflexionan sobre si esta actividad puede considerarse una investigación científica, fomentando el pensamiento crítico sobre los procesos científicos. Posteriormente, se les proporcionan Twirlies de diferentes tamaños y colores, para en grupos diseñar una investigación que incluya (1) una pregunta, (2) un procedimiento y (3) conclusiones. La segunda actividad se denomina "Fingerprint Activity". En esta actividad los participantes analizan patrones observables en huellas digitales, formulando hipótesis y aplicando métodos de recolección de datos. Esto se complementa con la comparación de resultados y reflexiones sobre las posibles interpretaciones, resaltando la importancia de los datos empíricos y las inferencias en el proceso de construcción del conocimiento científico. Estas actividades se escogieron a propósito y considerando las posibles conexiones con los conceptos y contenidos de física.

Además, se analizaron planificaciones de clase realizada por los profesores en formación participante permitiendo observar la integración de la indagación científica en las actividades de enseñanza. La muestra, conformada por 10 profesores de física en formación seleccionados intencionalmente, permite el análisis de contenido y categorización de los datos de cuestionarios, proporcionando una visión amplia sobre la influencia de la formación en sus prácticas pedagógicas.

Recolección de datos

Los participantes respondieron antes y después de la intervención el cuestionario Views about Scientific Inquiry (VASI) diseñado por Lederman et al. (2014). Este es un instrumento de 10 preguntas abiertas que miden los ocho aspectos de la NOSI. Este cuestionario ha sido traducido y validado en el contexto chileno siguiendo estándares internacionales (Jiménez & Carreño, 2024). Parte del protocolo del instrumento y para asegurar la validez de las respuestas, el 20% de los

participantes fueron entrevistados. En esta ocasión, los participantes contestaron el VASI en su versión papel durante un periodo de 60 minutos.

Análisis de datos

Una vez que los participantes han contestado el cuestionario, las respuestas se analizan de acuerdo con la comprensión que estos muestran de cada uno de los aspectos de la NOSI. Las respuestas se categorizan en respuestas ingenuas, mixtas o informadas. Una respuesta ingenua es aquella que muestra poca comprensión del aspecto evaluado. Por otra parte, una respuesta mixta es aquella que presenta ideas contradictorias de los aspectos de la NOSI y, por último, una respuesta informada es aquella en donde el participante muestra una compresión profunda del aspecto de la NOSI. Estas categorías han sido establecidas por los autores del instrumento (Lederman et al., 2014).

En el análisis de datos participaron dos investigadores quienes analizaron dos cuestionarios por separado y se reunieron para discutir las discrepancias y para calibrar el puntaje asignado. Este proceso llamado acuerdo entre evaluadores (inter rater agreement) permite dar robustez al análisis. Se espera que el acuerdo entre evaluadores sea superior al 80% de acuerdo con la naturaleza del instrumento y convenciones internacionales. En este estudio, se alcanzó un 100% de acuerdo entre evaluadores. Posterior al análisis de los cuestionarios, se entrevistó al 20% de los participantes con el propósito de validez de las respuestas.

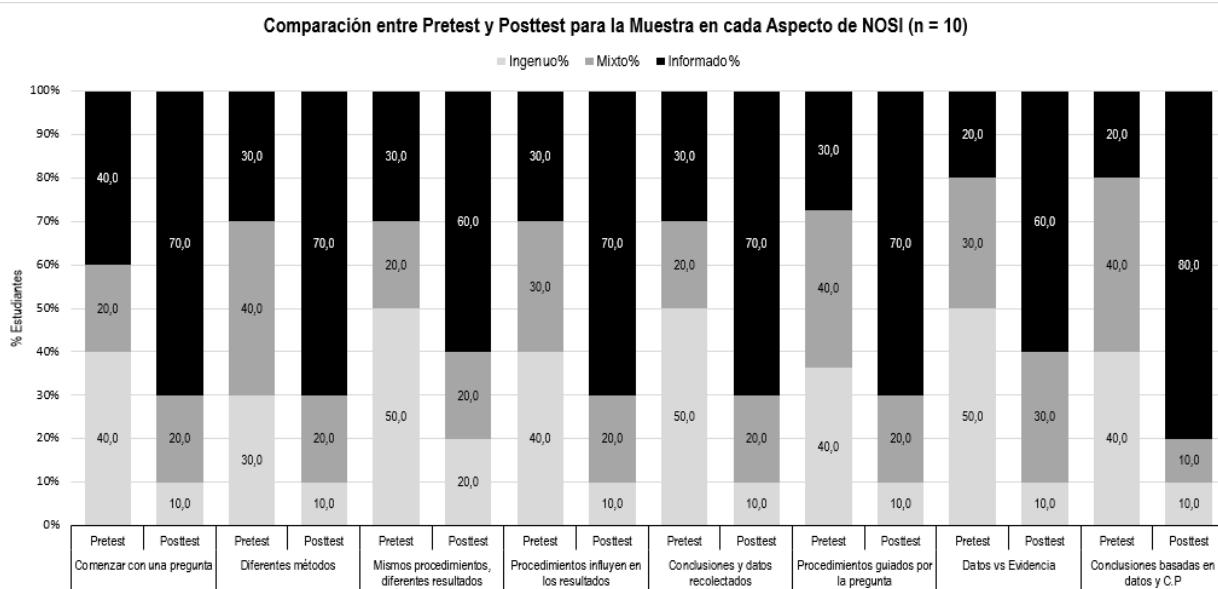
Una vez que se analizaron los cuestionarios (pretest y post test) y las entrevistas (pre y post), se crearon perfiles individuales de cada uno de los participantes.

3. Resultados

El análisis de los resultados obtenidos del pretest y posttest del cuestionario VASI permite observar avances en las visiones de los profesores en formación sobre la Naturaleza de la Investigación Científica (NOSI), como se puede observar en la figura 1.

Figura 1

cambio en las visiones sobre la naturaleza de la investigación científica antes y después de una intervención educativa



Los resultados revelan cambios significativos en las visiones de los profesores en formación sobre los diversos aspectos de NOSI. En cuanto al aspecto “no existe solo un método”, en el pretest el 30% de los participantes presentó una visión informada, cifra que aumentó al 70% en el posttest. Este cambio observa a partir de la afirmación: *“Sólo hay una forma de realizar una investigación científica, puesto que para investigar se debe tener una problemática o tema de interés común, luego se debe realizar una pregunta o plantear una hipótesis del tema elegido”*. (P51 pretest) Posteriormente, en el posttest, el participante señaló: *“Sí, las investigaciones científicas pueden seguir más de un método. Los diferentes enfoques pueden incluir métodos experimentales, observacionales, descriptivos, correlacionales o incluso históricos”*. (P51 posttest) Este cambio refleja una concepción más flexible y adaptada a las necesidades y contextos específicos de las investigaciones científicas.

Respecto al rol de las preguntas y la necesidad de una hipótesis inicial, los datos destacan un avance en la comprensión de que las investigaciones comienzan con preguntas que reflejan curiosidad e indagación abierta. En el pretest, el 40% mostró una visión informada, mientras que en el posttest esta cifra se incrementó al 60%. Al respecto, un participante en el pretest responde: *“Yo considero que la investigación de la persona no es científica porque sólo llega a la conclusión en base a lo que observó y no a la experimentación”*. (P62 pretest) Sin embargo, en el posttest, el participante indicó: *“La pregunta es fundamental para dirigir una investigación, pero no siempre implica probar una hipótesis”*. (P62 posttest) Este cambio evidencia una comprensión más alineada con los principios de la indagación científica.

Sobre el aspecto de que los mismos procedimientos pueden llevar a resultados diferentes, los participantes demostraron avances en su comprensión. En el pretest, el 30% presentó una visión informada, mientras que en el posttest este porcentaje alcanzó el 60%. Un participante afirmó inicialmente a la pregunta si diferentes científicos se hacen la misma pregunta y siguen los mismos procedimientos de recolección de datos, ¿llegarán ellos necesariamente a las mismas conclusiones?: "Sí, ya que siguiendo los mismos pasos se obtendrán los mismos resultados en cualquier caso" (*P103a pretest*). En el posttest, señaló: "Es posible que no obtengan los mismos resultados, porque las condiciones pueden cambiar o los científicos pueden interpretar los datos de maneras diferentes" (*P103a posttest*). Este cambio resalta un entendimiento más matizado de la variabilidad en los resultados científicos.

En cuanto al impacto de los procedimientos en los resultados, los datos reflejan mejoras significativas. En el pretest, el 30% de los participantes reconoció esta relación, mientras que en el posttest esta cifra aumentó al 70%. Un participante respondió: "Si el procedimiento no está bien diseñado, los resultados pueden ser erróneos o no confiables" (*P23b posttest*). Otro participante señaló: "Un procedimiento bien estructurado es clave para que los resultados sean válidos y puedan ser replicados" (*P73b posttest*). Este progreso subraya la importancia de diseñar procedimientos consistentes con los objetivos de la investigación.

Sobre la distinción entre datos y evidencia científicas, los resultados muestran un avance en la comprensión de este principio. En el pretest, solo el 20% presentó respuestas informadas, mientras que en el posttest esta cifra aumentó al 60%. Por ejemplo, un participante respondió: "Los datos son las observaciones o mediciones iniciales, pero las pruebas se generan al analizar y conectar esos datos con hipótesis" (*P34 posttest*). Esta respuesta refleja claridad sobre el proceso analítico que convierte datos en evidencia.

En relación con el criterio de que los procedimientos de investigación se guían por la pregunta formulada, los resultados muestran un cambio entre el pretest y el posttest. En el pretest, solo el 30% de los participantes presentó una visión informada, reconociendo la necesidad de alinear el procedimiento con la pregunta, como se refleja en la respuesta: "Ambos procedimientos son válidos, ya que evalúan características de los neumáticos, aunque no están relacionadas con la pregunta inicial" (*P55 pretest*). Este porcentaje aumentó al 70% en el posttest, con respuestas como: "El procedimiento del grupo A es más adecuado porque evalúa la variable clave y controla otras variables importantes" (*P55 posttest*). Esto refleja una mayor comprensión de la coherencia metodológica en la investigación.

Respecto al criterio de que las conclusiones deben ser coherentes con los datos recogidos, los resultados también evidencian avances. En el pretest, un número menor de respuestas fueron informadas, siendo estas como por ejemplo: "Las conclusiones deben derivarse de los datos

recolectados, ya que reflejan el comportamiento observado" (P46 pretest).. En contraste, el posttest mostró un aumento al 70% de respuestas informadas, con afirmaciones como: "La conclusión es válida porque se alinea directamente con los datos recolectados, mostrando una relación clara entre las variables" (P86 posttest). Estos cambios destacan una mejora en la comprensión del vínculo esencial entre datos y conclusiones

Finalmente, respecto a cómo las explicaciones se construyen combinando datos y conocimientos previos, los participantes mostraron un avance. En el pretest, un menor número evidenciaba visiones informadas, mientras que en el posttest un 80% presentó respuestas informadas. Por ejemplo, en el posttest un participante respondió: "*Los científicos combinan datos empíricos recolectados durante sus investigaciones con conocimientos previos, como teorías evolutivas o hallazgos de otros expertos, para dar contexto y validez a sus explicaciones*" (P87 posttest). Este cambio subraya un progreso hacia una comprensión más integrada de cómo los datos y el conocimiento previo interactúan en la elaboración de explicaciones científicas.

En cuanto al análisis de las planificaciones de clase elaboradas por los profesores en formación, se puede observar en los objetivos de clase planificados avances en la incorporación de los principios de la indagación científica (NOSI). Objetivos como: "Comprender qué instrumentos se utilizan para medir la temperatura y cómo aplicar la NOSI para diseñar experimentos sobre la variabilidad de las temperaturas" o "Fomentar la comprensión de los principios de la indagación científica al explorar el movimiento rectilíneo uniforme y uniformemente acelerado" destacan la inclusión de habilidades como la formulación de hipótesis, el diseño experimental y el análisis de datos. Sin embargo, algunos objetivos, como: "Explicar, a través de una actividad de laboratorio, cómo funcionan las fuerzas sobre un objeto en un plano inclinado", evidencian un enfoque más tradicional, priorizando la transmisión conceptual sobre la indagación activa. En general, los resultados reflejan una tendencia hacia una enseñanza más conectada con prácticas científicas, aunque persisten diferencias en la integración de los principios de NOSI, lo que subraya la necesidad de fortalecer estrategias pedagógicas que promuevan habilidades de indagación en la planificación docente.

4. Discusión

La enseñanza explícita de la Naturaleza de la Indagación Científica (NOSI) tuvo un impacto significativo en las concepciones y prácticas pedagógicas de los profesores en formación. Los datos muestran un incremento en la disposición de los participantes para integrar elementos de indagación científica en la planificación de sus clases, reflejando una transición hacia enfoques más auténticos en la enseñanza de las ciencias. Esto resultados son similares a los mostrados por Jiménez & Carreño (2024) en donde se abordó de manera explícita la enseñanza de los aspectos de la NOSI.

Sin embargo, persistieron dificultades en la implementación de prácticas que promuevan la NOSI. Algunos participantes enfrentaron retos al integrar plenamente los principios de la indagación en sus planificaciones de clase. Este hallazgo subraya la necesidad de estrategias de formación más específicas y personalizadas, que no solo refuerzen la comprensión conceptual, sino que también faciliten su aplicación práctica en contextos educativos reales. Estos resultados sugieren que, aunque se logró una mejora conceptual significativa, traducir este conocimiento en prácticas pedagógicas efectivas requiere apoyo adicional.

Este estudio presenta ciertas limitaciones. El tamaño reducido de la muestra (10 profesores en formación) restringe la generalización de los hallazgos a contextos más amplios. Además, la intervención tuvo una duración limitada de seis semanas, lo que pudo limitar el alcance de los cambios observados en las concepciones y prácticas pedagógicas de los participantes. Futuros estudios podrían abordar estas limitaciones incluyendo muestras más grandes y diversas, períodos de intervención más prolongados y múltiples fuentes de datos, como observaciones en el aula, para proporcionar una comprensión más integral del impacto de la enseñanza NOSI en las prácticas docentes.

En conclusión, estos hallazgos buscan contribuir al diseño de programas de formación docente más auténticos para la enseñanza de las ciencias, capaces de promover prácticas pedagógicas basadas en la indagación y de fortalecer la alfabetización científica en diversos niveles educativos

Referencias

- Çiğdemoğlu, C., & Köseoğlu, F. (2019). Improving Science Teachers' Views about Scientific Inquiry. *Science & Education*, 1-31. <https://doi.org/10.1007/S11191-019-00054-0>
- Güngören, S., & Öztürk, E. (2021). What Do Pre-service Science Teachers Views about the Nature of Scientific Inquiry?. *International Journal of Progressive Education*. <https://doi.org/10.29329/IJPE.2020.329.27>.
- Jimenez, J. (2022). *Assessing the impact of understanding nature of scientific knowledge and understanding nature of scientific inquiry on learning about evolution in high school students* (Publication No. 29067971) [Doctoral dissertation, Illinois Institute of Technology]. ProQuest Dissertations & Theses Global.
- Jiménez, J. (2024). El impacto de la comprensión de la indagación científica en el aprendizaje de la genética en estudiantes de secundaria. En M. Diez & Queiroga-Dios (Eds.), Pensar más allá de la education: Thinking outside the box in education, (pp. 173- 178). Servicio de Publicaciones e Imagen Institucional, Universidad de Burgos. ISBN: 978-84-18465-94-9. DOI: <https://doi.org/10.36443/9788418465949>
- Jiménez, J., & Carreño, G. (2024). La comprensión de la naturaleza de la indagación científica en el aprendizaje sobre desastres naturales. En I. Greca & J. Meneses (Eds.), *Hacia una educación científica alineada con la agenda 2030*, (pp. 615-620). Editorial Universidad de Burgos. ISBN: 978-84-18465-90-1. DOI: [72](https://doi.org/10.36443/97884184659 Lederman, J., Lederman, N., Bartos, S., Bartels, S., Meyer, A., & Schwartz, R. (2014). Meaningful assessment of learners' understandings about scientific inquiry—The views about scientific inquiry (VASI) questionnaire. <i>Journal of Research in Science Teaching</i>, 51, 65-83. https://doi.org/10.1002/TEA.21125.</p><p>Monje, C. (2011). <i>Metodología de la investigación cuantitativa y cualitativa</i>. Guia didactica. Universidad Surcolombiana, 1-216.</p><p>OECD. (2006). <i>The PISA 2006 Assessment framework for science, reading and mathematics</i>. OECD.</p><p>Osborne, J. (2023). Science, scientific literacy, and science education. En N. G. Lederman, D. L. Zeidler, & J. S. Lederman (Eds.), <i>Handbook of research on science education: Volume III</i> (pp. 785–816). Routledge.</p><p>Schwartz, R., Lederman, J.S., & Patrick J. Enderle, P.E. (2023). Scientific inquiry literacy: the missing link on the continuum from science literacy to scientific literacy. En N. G. Lederman, D. L. Zeidler, & J. S. Lederman (Eds.), <i>Handbook of research on science education: Volume III</i> (pp. 749–782). Routledge.</p></div><div data-bbox=)