Investigações em Ensino de Ciências (ISSN: 1518-8795)
2026, vol. 31, n. 3, pp. 346-369
https://doi.org/10.22600/1518-8795.ienci/2026v31n3p346

PESQUISA EMPÍRICA

Visiones sobre la naturaleza de la indagación científica en estudiantes de instituciones públicas de Cundinamarca-Colombia

Views About the Nature of Scientific Inquiry Among Students from Public Schools in Cundinamarca-Colombia

Katherine Acosta García [a], Juan Paulo Jiménez Pavez [b], Sandra Ramírez Hernández [a], Sara Maldonado-Araya [a]

[a] Departamento de Educación, Universidad de Tarapacá, Arica, Chile; [b] Facultad de Ciencias de la Educación, Universidad de Talca, Talca, Chile.

Resumen. La comprensión de la naturaleza de la indagación científica es un componente esencial de la alfabetización científica; sin embargo, los estudiantes de todo el mundo mantienen visiones predominantemente ingenuas sobre cómo funciona la ciencia como empresa epistémica. Este estudio examina dichas comprensiones en 100 estudiantes de cuarto grado de primaria y 100 de undécimo grado de secundaria de instituciones públicas de Cundinamarca-Colombia, como parte de un proyecto internacional con cuestionarios de respuesta abierta validados. Las respuestas se codificaron como ingenuas, mixtas o informadas; se aplicaron pruebas chi-cuadrado para comparar ambos niveles en cinco aspectos compartidos. En cuarto grado las visiones ingenuas oscilan entre el 53% y 73%. En undécimo grado se observaron proporciones significativamente mayores de respuestas informadas en los cinco aspectos compartidos. No obstante, dos aspectos continuaron mostrando dificultades relevantes: la multiplicidad de métodos científicos, con un 37% de respuestas ingenuas y un 13% de respuestas informadas, y la relación entre la pregunta de investigación y los procedimientos, con un 57% de respuestas ingenuas y un 29% de respuestas informadas. Los resultados subrayan la necesidad de incorporar la naturaleza de la indagación científica como contenido explícito en los marcos curriculares colombianos y fortalecer su tratamiento en la formación científica.

Palabras clave:
Alfabetización científica, Educación primaria y secundaria, Enseñanza de las ciencias, Principios científicos.

Submetido em
21/04/2026
Aceito em
19/10/2026
Publicado em
30/10/2026

Abstract. Understanding the nature of scientific inquiry is an essential component of scientific literacy; however, students worldwide maintain predominantly naïve views about how science functions as an epistemic enterprise. This study examines such understandings among 100 fourth-grade primary students and 100 eleventh-grade secondary students from public schools in Cundinamarca-Colombia, as part of an international project using validated open-ended questionnaires. Responses were coded as naïve, mixed, or informed; chi-square tests were applied to compare both levels across five shared aspects. In fourth grade, naïve views range from 53% to 73%. In eleventh grade, significantly higher proportions of informed responses were observed across the five shared aspects. Nevertheless, two aspects continued to present substantial difficulties: the multiplicity of scientific methods, with 37% naïve and 13% informed responses, and the relationship between the research question and the procedures, with 57% naïve and 29% informed responses. The findings highlight the need to incorporate the nature of scientific inquiry as explicit content in Colombian curricular frameworks and to strengthen its treatment in science education.

Keywords: Scientific literacy, Primary and secondary education, Science instruction, Scientific principles.

Introducción

La alfabetización científica del siglo XXI demanda que los ciudadanos sean capaces no solo de acceder a información científica, sino de comprenderla críticamente, de evaluar la solidez de las afirmaciones basadas en evidencia y de tomar decisiones informadas en un mundo crecientemente configurado por el conocimiento científico y tecnológico (Osborne & Allchin,

Contatos: kacostag@academicos.uta.cl; juan.jimenez@utalca.cl; sandrarh435@gmail.com; sara.maldonado.araya@alumnos.uta.cl

2025). Alcanzar ese nivel de formación requiere que los estudiantes desarrollen, además del dominio de contenidos disciplinares, una comprensión genuina sobre cómo la ciencia produce, valida y revisa su conocimiento. En este contexto, tanto la naturaleza del conocimiento científico (Nature of Scientific Knowledge, NOSK) como la naturaleza de la indagación científica (Nature of Scientific Inquiry, NOSI) han sido reconocidas como componentes fundamentales de la educación científica contemporánea (Lederman & Lederman, 2020).

Para comprender el alcance de ambos constructos, es necesario situarlos dentro del campo más amplio de la naturaleza de la ciencia (Nature of Science, NOS). La NOS constituye una categoría paraguas que comprende las dimensiones epistemológicas, históricas y sociológicas de la actividad científica. Dentro de este marco, la NOSK se refiere específicamente a la comprensión de las características del conocimiento científico, entre ellas su carácter tentativo, empírico y socialmente construido, mientras que la NOSI se centra en los procesos mediante los cuales dicho conocimiento se genera, valida y revisa (Lederman et al., 2014; Schizas et al., 2024). Esta distinción resulta central para el presente estudio, en la medida en que permite a los estudiantes entender la ciencia no como un conjunto de verdades acabadas, sino como una actividad humana dinámica, provisional y metodológicamente diversa, y delimita con precisión el objeto de indagación de este artículo, que se circunscribe a la NOSI y no a la NOSK ni a la NOS en su sentido más amplio.

Sin embargo, pese a décadas de reformas curriculares que han incorporado estas dimensiones en los estándares educativos de distintos países, continúan observándose tensiones entre el currículo prescrito, su implementación y los aprendizajes efectivamente alcanzados (Millar et al., 2025). En consonancia con ello, la evidencia empírica acumulada muestra que estudiantes de distintos niveles escolares mantienen comprensiones predominantemente ingenuas sobre cómo funciona la ciencia como empresa epistémica (Doğan et al., 2024). Esta dificultad también es reconocida por los marcos de evaluación educativa a gran escala: en PISA 2015, cuando las ciencias volvieron a constituir el dominio principal de evaluación, la capacidad de evaluar y diseñar indagaciones científicas se incorporó como una de las tres competencias centrales de la literacidad científica; esta dimensión se mantiene y refuerza en el marco de PISA 2025 mediante una formulación integrada (OECD, 2026). En conjunto, estos antecedentes muestran que la distancia entre los propósitos curriculares vinculados con la naturaleza de la ciencia y las comprensiones efectivamente desarrolladas por los estudiantes constituye un problema persistente y ampliamente documentado en la educación científica internacional (Deng et al., 2011; Cofré et al., 2019).

Esta necesidad, sin embargo, no se agota en el ámbito curricular ni en la mejora del aprendizaje escolar de las ciencias. La relevancia de fortalecer la comprensión de la NOSI trasciende el aula y adquiere una dimensión social y ciudadana ineludible en el contexto actual, caracterizado por una alta circulación de información y desinformación científica y tecnocientífica a través de medios digitales y redes sociales. En este sentido, Feinstein y Waddington (2020) sostienen que la educación científica no puede limitarse a dotar a los estudiantes de herramientas para emitir juicios individuales de verdad, sino que debe

prepararlos para participar de manera crítica y colaborativa en procesos de construcción de sentido frente a las controversias científicas propias de la era de la posverdad.

De manera complementaria, Fackler (2021) plantea que la comprensión epistémica de cómo se produce el conocimiento científico constituye un recurso central para enfrentar el negacionismo científico y contrarrestar el denominado efecto rebote, mediante el cual la sola corrección de creencias falsas resulta insuficiente para modificarlas. Desde esta perspectiva, formar ciudadanos capaces de evaluar críticamente afirmaciones científicas y tecnocientíficas, y no solo de comprender contenidos disciplinares, constituye una de las razones que justifican con mayor urgencia la incorporación explícita de la NOSI en los currículos escolares.

Frente a ese panorama, el proyecto internacional liderado por Lederman et al. (2019, 2021) constituyó el primer esfuerzo sistemático y a gran escala para generar evidencia empírica sobre lo que los estudiantes comprenden acerca de la NOSI mediante instrumentos validados internacionalmente. En su primera fase, este proyecto reunió datos de 18 países y más de 2.600 estudiantes de séptimo grado; en su fase de seguimiento, amplió la muestra a 32 países y más de 3.900 estudiantes de último año de secundaria. Ambas fases publicaron resultados globales que muestran, de manera convergente, que la gran mayoría de los estudiantes mantiene comprensiones ingenuas o mixtas sobre los aspectos fundamentales de la indagación científica, independientemente del país o nivel educativo.

Más recientemente, Lederman et al. (2024) extendieron este programa de investigación hacia la educación primaria, administrando el instrumento VASI-E (Views About Scientific Inquiry-Elementary), una adaptación del cuestionario VASI (Views About Scientific Inquiry) original desarrollado por Lederman et al. (2014) diseñada específicamente para estudiantes de educación primaria, a 4.238 estudiantes de 35 países y regiones pertenecientes a 6 continentes, con resultados que confirman que las comprensiones ingenuas sobre la NOSI se instalan desde los primeros años de escolaridad y no se resuelven espontáneamente con la progresión educativa. Estos resultados globales son de un gran valor para la comunidad de educación científica, pues establecen una línea de base internacional y confirman el carácter universal del problema. Al presentar las tendencias de manera agregada a nivel internacional, el estudio abre la posibilidad de profundizar en análisis específicos por país que permitan comprender con mayor detalle las particularidades de cada sistema educativo.

En el caso de Colombia, que participó en el proyecto a través de colaboradores de la Universidad Pedagógica Nacional de Cundinamarca-Colombia, los datos recolectados con los instrumentos VASI y VASI-E no han sido publicados como sub-estudio nacional independiente, lo que representa un vacío relevante en el conocimiento disponible para orientar las políticas curriculares y las decisiones pedagógicas en el contexto colombiano específico. El presente artículo responde a este vacío y tiene como objetivo analizar comparativamente las comprensiones sobre la NOSI de 100 estudiantes de cuarto grado de primaria y 100 estudiantes de undécimo grado de secundaria de instituciones públicas de Cundinamarca-Colombia, con énfasis en los aspectos que presentan mayor dificultad en cada nivel y en sus implicaciones para la formación docente y el diseño curricular de las ciencias naturales en Colombia.

Con base en lo anterior, las preguntas de investigación que orientan el estudio son: (a) ¿Cuáles son las comprensiones sobre la NOSI que presentan los estudiantes participantes de cuarto grado de primaria y de undécimo grado de secundaria de instituciones públicas de Cundinamarca-Colombia, medidas con el VASI-E y el VASI respectivamente? (b) ¿En qué aspectos de la NOSI existen diferencias estadísticamente significativas entre ambos niveles educativos? (c) ¿Qué patrones de dificultad se observan en ambos niveles educativos y qué implicaciones tienen para el diseño curricular y la formación docente en ciencias naturales en instituciones públicas de Cundinamarca- Colombia?

Referencial Teórico

La NOSI se refiere a la comprensión de cómo opera la ciencia como empresa epistémica, incluidos los valores, supuestos y procesos mediante los cuales los científicos generan, validan y revisan el conocimiento sobre el mundo natural (Lederman et al., 2014). Este constructo se diferencia de las habilidades procedimentales propias de la indagación, pues no alude a saber hacer ciencia, sino a comprender cómo funciona: la lógica epistémica que orienta sus prácticas y las características del conocimiento que de ellas deriva. Aunque se sitúa dentro del campo más amplio de la NOS, la NOSI constituye un objeto de estudio específico. Mientras la NOS comprende las dimensiones filosóficas, históricas y sociológicas del conocimiento científico como su carácter tentativo, su base empírica y su dimensión social y cultural, la NOSI se centra en las características epistemológicas de los procesos concretos mediante los cuales dicho conocimiento se genera (Schizas et al., 2024).

Esta distinción trasciende lo terminológico, ya que tiene implicaciones directas para la enseñanza y la evaluación. En particular, permite definir con mayor precisión qué deben comprender los estudiantes acerca de la manera en que los científicos investigan el mundo natural, más allá de su capacidad para seguir los pasos de un procedimiento experimental (Lederman et al., 2014). El marco de ciencias de PISA 2025 (OECD, 2026) también aborda esta dimensión al incluir la capacidad de construir y evaluar diseños de indagación científica entre las competencias evaluadas. Sin embargo, lo hace mediante tareas de aplicación y no examina por separado los distintos aspectos epistemológicos de la indagación, como sí lo permite el marco de Lederman et al. (2014). Por ello, el presente estudio adopta el marco VASI, más adecuado para describir y comparar comprensiones específicas sobre la NOSI que para evaluar desempeños situados de aplicación.

Precisamente ahí radica una de las tensiones más documentadas en la educación científica. La investigación ha demostrado de manera reiterada que participar en actividades de indagación no conduce automáticamente a comprender cómo funciona la ciencia: un estudiante puede diseñar y ejecutar una investigación sin reconocer que fue la pregunta formulada la que determinó los procedimientos pertinentes, o sin comprender que investigadores que siguen los mismos pasos pueden llegar a resultados distintos por razones epistemológicamente legítimas (Capps & Crawford, 2013). La brecha entre hacer indagación y comprenderla requiere una instrucción explícita y reflexiva. Este enfoque aborda los aspectos epistemológicos de la indagación como contenidos de aprendizaje propios y los vincula deliberadamente con las actividades científicas que realizan los estudiantes (Akerson

et al., 2024). En cambio, la instrucción implícita supone que la comprensión epistemológica surgirá espontáneamente de la práctica. Sin embargo, la evidencia empírica acumulada no respalda esta suposición (Khishfe, 2023).

Lo anterior adquiere especial relevancia al examinar el lugar que ocupa la NOSI en los currículos escolares. Cuando los documentos normativos presentan la indagación principalmente como una estrategia pedagógica, es decir, como un medio para enseñar contenidos disciplinares, y no como un objeto de aprendizaje epistemológico, se favorece el desarrollo de habilidades para hacer ciencia, pero no necesariamente la comprensión de cómo funciona la ciencia (Capps & Crawford, 2013). Desde esta perspectiva, las comprensiones ingenuas de los estudiantes no pueden atribuirse únicamente a factores individuales, sino también a un currículo que no siempre las aborda de manera explícita como propósito formativo. Esta situación ha sido documentada por Cristancho Chinóme (2023) para el caso colombiano, donde el currículo de ciencias naturales presenta un énfasis predominantemente procedimental y una incorporación limitada de la epistemología científica como contenido explícito de enseñanza. La brecha entre lo que el currículo prescribe y lo que los estudiantes logran comprender sobre la ciencia como empresa epistémica constituye el problema que el presente estudio busca caracterizar empíricamente.

Revisión de Literatura

Las tres dimensiones de la indagación científica

Para comprender el alcance del problema que motiva este estudio, es necesario distinguir con precisión las tres dimensiones que la investigación ha identificado como constitutivas de la indagación científica en el contexto escolar: hacer indagación, comprender la indagación y enseñar mediante la indagación como enfoque pedagógico (Lederman et al., 2014). La primera dimensión refiere a los procesos empíricos que se llevan a cabo cuando los estudiantes formulan preguntas investigables, diseñan y ejecutan investigaciones, interpretan datos, construyen explicaciones y comunican resultados a partir de evidencia (Urdanivia Alarcón et al., 2023). La segunda, en cambio, es de naturaleza epistemológica: implica que los estudiantes desarrollen una comprensión informada sobre aspectos como la relación entre preguntas y procedimientos, el papel del conocimiento previo en la interpretación de datos, la distinción entre datos y evidencia, o la ausencia de un método científico único y algorítmico (Pieterman-Bos et al., 2024). La tercera dimensión refiere al uso de la indagación como estrategia didáctica para promover el aprendizaje de contenidos científicos. Estas tres dimensiones son conceptualmente distintas y no se desarrollan de manera equivalente ni automática; en particular, la distinción entre saber hacer ciencia y saber cómo funciona la ciencia es fundamental para el diseño curricular, puesto que una no garantiza ni sustituye a la otra.

Instrucción explícita y reflexiva: condición necesaria para el desarrollo de la NOSI

La evidencia indica que la participación en actividades de indagación, por sí sola, no garantiza que los estudiantes desarrollen comprensiones informadas sobre la NOSI. Para ello, se

requiere una enseñanza explícita, reflexiva y sostenida de sus componentes epistemológicos (Akerson et al., 2024). En un estudio con docentes altamente calificados de educación básica y media, Capps y Crawford (2013) observaron que la mayoría tendía a priorizar las habilidades procedimentales y prestaba menor atención a las comprensiones sobre la indagación y la naturaleza de la ciencia. Este hallazgo sugiere la necesidad de fortalecer tanto la formación docente como el tratamiento curricular explícito de estas dimensiones.

En esa misma línea, investigaciones más recientes han mostrado que esta brecha persiste incluso entre docentes en ejercicio y en formación inicial. Ahmad Faize (2022), utilizando el instrumento VASI en escuelas pakistaníes, constató que la comprensión de los docentes sobre la NOSI no se transfiere automáticamente a sus estudiantes a menos que medie una intención pedagógica deliberada de enseñarla explícitamente. En este sentido, Khaokhajorn y Srisawasdi (2024), trabajando con 278 docentes en formación inicial de cinco universidades tailandesas, encontraron que la mayoría exhibe comprensiones parciales sobre los aspectos centrales de la indagación, lo que plantea interrogantes serias sobre las condiciones en que estos futuros docentes podrán abordar la NOSI con rigor en sus aulas.

Por otra parte, la participación en determinadas actividades científicas puede relacionarse con resultados en conocimientos, habilidades de indagación, comprensión de la naturaleza de la ciencia y actitudes hacia la ciencia, aunque estas asociaciones varían según el tipo de actividad desarrollada (Bächtold et al., 2024). En el caso específico de la NOSI, la evidencia muestra que los estudiantes de educación primaria pueden desarrollar comprensiones informadas cuando reciben una enseñanza explícita y reflexiva diseñada con ese propósito (Akerson et al., 2024). Esto cuestiona la idea de que estos contenidos sean demasiado abstractos para los primeros años de escolaridad y sugiere que las dificultades observadas podrían relacionarse con las oportunidades curriculares y pedagógicas disponibles, y no únicamente con la edad de los estudiantes.

El contexto colombiano: un déficit curricular estructural

En el contexto latinoamericano, y particularmente en Colombia, esta problemática presenta rasgos propios que justifican un análisis específico. A diferencia de otros sistemas educativos que han avanzado en la incorporación explícita de la epistemología científica en sus marcos curriculares, los documentos normativos colombianos para la enseñanza de las ciencias naturales, tanto los Estándares Básicos de Competencias (EBC) (que establecen los referentes nacionales de calidad para la enseñanza de las ciencias naturales) como los Derechos Básicos de Aprendizaje (DBA) (que precisan los aprendizajes esperados por grado escolar), priorizan el desarrollo de habilidades procedimentales como observar, experimentar, argumentar y comunicar, pero no formulan la NOSI de manera sistemática como un contenido de enseñanza con objetivos de aprendizaje explícitos (Cristancho Chinóme, 2023; Zompero et al., 2022).

En este mismo marco se encuentra el Proyecto Ambiental Escolar (PRAE), obligatorio en los establecimientos de educación formal del país, tanto oficiales como privados, en los niveles de preescolar, básica y media. Este proyecto fue instituido originalmente por el Ministerio de Educación Nacional de Colombia (1994) y posteriormente compilado en el Decreto Único

Reglamentario del Sector Educación (Presidencia de la República de Colombia, 2015). Aunque el PRAE constituye un espacio curricular estable dentro del cual podrían desarrollarse contenidos relacionados con la investigación científica, su enfoque está orientado específicamente hacia la educación ambiental y la resolución de problemáticas ambientales locales, sin que la normativa que lo regula contemple explícitamente el desarrollo de comprensiones epistemológicas sobre la indagación científica.

Esta brecha curricular coincide con lo documentado por la tradición investigativa colombiana en didáctica de las ciencias. Gallego Badillo et al. (2004), en un estudio sobre programas acreditados de formación inicial de profesores de ciencias en Colombia, identificaron limitaciones estructurales en el tratamiento de los fundamentos epistemológicos de la disciplina, más allá de la enseñanza de sus contenidos específicos. Dos décadas después, estudios recientes muestran que esta situación persiste. Medina Galindo (2026), a partir de un análisis documental realizado en tres universidades colombianas, encontró que la naturaleza de la ciencia no se incorpora de manera sistemática y deliberada en los planes de estudio analizados, sino que aparece de forma implícita dentro de otros contenidos curriculares. Esta integración poco explícita dificulta tanto su evaluación como su apropiación por parte de los futuros docentes.

Como consecuencia, en la práctica escolar colombiana la indagación tiende a concebirse fundamentalmente como estrategia pedagógica para la enseñanza de los contenidos disciplinares, más que como un objeto de aprendizaje epistemológico por derecho propio. A esa brecha curricular se suman los resultados de PISA 2022, que evidencian que Colombia, si bien mantiene un sistema educativo con cierto nivel de resiliencia institucional, presenta brechas significativas en el aprendizaje científico de sus estudiantes respecto a los promedios internacionales, lo que refuerza la urgencia de fortalecer los componentes epistemológicos de la formación científica en el país (OECD, 2023). Estos indicadores confluyen para señalar que Colombia enfrenta no solo un déficit en los resultados de aprendizaje científico, sino también un déficit estructural en la comprensión que los estudiantes desarrollan sobre la ciencia como forma de conocer el mundo.

Sub-estudios nacionales derivados del proyecto VASI

Los resultados globales del proyecto internacional de Lederman et al. (2019, 2021, 2024) han dado lugar a sub-estudios nacionales que profundizan en contextos específicos, a los que se suman estudios independientes que, empleando el mismo instrumento validado, han examinado la comprensión de la NOSI en otros sistemas educativos. Entre los primeros, Andrade et al. (2020) aplicaron el VASI a 169 estudiantes brasileños de séptimo grado y encontraron un predominio de respuestas ingenuas en el conjunto del instrumento, que alcanzaron el 75,7%, frente a un 9,3% de respuestas mixtas y apenas un 0,9% de respuestas informadas. Estos resultados evidenciaron dificultades generalizadas en la comprensión de los distintos aspectos de la NOSI en el contexto estudiado.

Gyllenpalm et al. (2022) extendieron esta constatación mediante una comparación entre séptimo y duodécimo grado en Suecia (126 y 145 estudiantes, respectivamente), y hallaron que la mayoría de los estudiantes no logra comprensiones informadas en ninguno de los dos

niveles: los aspectos de multiplicidad de métodos y de variabilidad de resultados con iguales procedimientos concentraron las proporciones más altas de respuestas mixtas, sin que la brecha entre niveles fuera sustancial. Los autores interpretan este estancamiento como expresión de una imagen algorítmica de la ciencia que los currículos nacionales no logran desestabilizar, precisamente porque en su diseño tampoco la cuestionan de manera explícita. Considerados en conjunto, ambos sub-estudios sugieren que las dificultades documentadas en séptimo grado no se resuelven espontáneamente con el avance de la escolaridad, sino que persisten hasta el final de la educación secundaria.

Los estudios independientes que han empleado el instrumento amplían esta imagen hacia ambos extremos de la trayectoria escolar. Por un lado, Toma y Jiménez (2025) administraron el VASI-E a 234 estudiantes de tercer grado de primaria de España (n = 102) y Chile (n = 132), y encontraron que la mayoría desconocía que toda investigación científica comienza con una pregunta sin necesariamente probar una hipótesis, con una prevalencia de comprensiones ingenuas significativamente mayor entre los estudiantes chilenos (65,2%) que entre los españoles (32,4%; $\chi^2 = 25,1$, $p < 0,01$). Este hallazgo indica que, incluso dentro de un marco curricular hispanohablante compartido, el contexto nacional específico modula la magnitud del problema desde edades tempranas, y que las dificultades epistemológicas documentadas en muestras de mayor edad tienen su origen en los primeros años de escolaridad. Por otro lado, Doğan et al. (2024), en un estudio con 3.067 estudiantes de noveno grado recién egresados de la educación secundaria inferior en Turquía, identificaron dificultades generalizadas en la comprensión de la NOSI. La distinción entre datos científicos y evidencia científica se situó entre los aspectos menos comprendidos, con un claro predominio de respuestas ingenuas y una proporción muy reducida de respuestas informadas.

Leídos en conjunto, estos antecedentes, tanto los derivados directamente del proyecto internacional como los estudios independientes que emplean el mismo instrumento, trazan una trayectoria coherente: las comprensiones ingenuas sobre la NOSI se instalan desde la educación primaria, se mantienen prácticamente inalteradas durante la educación secundaria en los aspectos más resistentes a la instrucción implícita, y persisten hasta el egreso de la educación básica bajo la forma de dificultades epistemológicamente más sofisticadas. Este patrón confirma que las limitaciones documentadas no son idiosincráticas de un contexto particular, sino que reflejan un déficit estructural en la enseñanza de las ciencias que trasciende los sistemas educativos nacionales y los niveles de escolaridad. Colombia no ha sido reportada de manera independiente en ninguno de estos estudios, lo que refuerza la pertinencia del presente trabajo.

Métodos

El presente estudio adoptó un enfoque predominantemente cuantitativo de carácter descriptivo-comparativo, orientado a identificar y contrastar las visiones sobre la indagación científica que poseen estudiantes de dos niveles educativos diferenciados (Creswell & Creswell, 2023). El diseño se fundamentó en las categorías de comprensión propuestas por el instrumento VASI, ingenua (Naïve), mixta (Mixed) e informada (Informed), las cuales

permiten clasificar el nivel de sofisticación epistemológica alcanzado por los estudiantes respecto a los aspectos clave de la indagación científica (Lederman et al., 2014). No obstante, dado que las respuestas escritas pueden presentar limitaciones para capturar la totalidad del pensamiento de los participantes, se incorporó un componente cualitativo complementario, cuyo propósito fue profundizar en las respuestas y clarificar aquellas que resultaron incompletas, ambiguas o insuficientemente fundamentadas (Peffer & Ramezani, 2019).

Participantes y contexto

La muestra estuvo conformada por 200 estudiantes de instituciones educativas públicas de Cundinamarca-Colombia, distribuidos equitativamente en dos grupos: la selección de los establecimientos respondió a criterios de acceso, disponibilidad y autorización institucional, por lo que corresponde a un muestreo por conveniencia. Participaron 100 estudiantes de cuarto grado de educación primaria (edad aproximada: 9-10 años) y 100 estudiantes de undécimo grado de educación secundaria (edad aproximada: 16-17 años). Los establecimientos seleccionados atienden población de estratos socioeconómicos 2 y 3, que corresponden, en la clasificación colombiana, a los niveles de mayor vulnerabilidad socioeconómica. La selección de estos dos niveles educativos respondió al propósito de comparar las comprensiones sobre la indagación científica en dos momentos diferenciados de la escolaridad formal: el nivel de educación primaria y el nivel de egreso de la educación secundaria. Esta comparación permite identificar diferencias y concepciones persistentes entre los grupos estudiados (Lederman et al., 2019).

Cabe precisar que el diseño del estudio es transversal y no longitudinal: los datos corresponden a dos cohortes distintas de estudiantes evaluadas simultáneamente, y no al seguimiento de un mismo grupo a lo largo de su trayectoria escolar. En consecuencia, las diferencias observadas entre ambos niveles no permiten atribuir el cambio únicamente a la escolarización. Es posible que también influyan el desarrollo cognitivo, la madurez lingüística y las funciones ejecutivas propias de la edad, el capital cultural y las experiencias escolares previas de cada grupo, las características de los establecimientos de procedencia, la calidad de la enseñanza recibida, o las diferencias entre el currículo prescrito y el que efectivamente se implementa en cada nivel. Por esta razón, los resultados que se presentan a continuación deben interpretarse como una comparación entre dos niveles escolares en un momento determinado, y no como evidencia directa de un progreso producido específicamente por la escolarización.

Instrumentos de recolección de datos

Para la recolección de datos se emplearon dos versiones del cuestionario Views About Scientific Inquiry (VASI), desarrollado específicamente para evaluar las comprensiones conceptuales de los estudiantes sobre la naturaleza de la indagación científica (Lederman et al., 2014). Ambas versiones han sido validadas internacionalmente y utilizadas en estudios transculturales en más de 18 países, lo que acredita su robustez para capturar las visiones epistemológicas de los estudiantes sobre cómo funciona la investigación científica (Lederman et al., 2019). El marco conceptual del VASI abarca ocho aspectos de la indagación científica

que los estudiantes deberían comprender al finalizar su ciclo de escolarización formal: (1) toda investigación científica comienza con una pregunta y no necesariamente prueba una hipótesis; (2) no existe un único conjunto de pasos o secuencias seguidos en todas las investigaciones, es decir, no hay un método científico universal; (3) científicos que realizan los mismos procedimientos pueden no obtener los mismos resultados; (4) los procedimientos de investigación pueden influir en los resultados obtenidos; (5) las conclusiones de la investigación deben ser consistentes con los datos recopilados; (6) los procedimientos de investigación se guían por la pregunta formulada; (7) los datos científicos no son equivalentes a la evidencia científica; y (8) las explicaciones científicas se desarrollan a partir de una combinación de datos recopilados y conocimiento previo (Lederman et al., 2014).

El origen de estos ocho aspectos se remonta al trabajo de Schwartz et al. (2008), quienes identificaron un primer conjunto de seis dimensiones de la NOSI a partir de los documentos de reforma curricular estadounidenses vigentes en ese momento y de investigación sobre la práctica de científicos en ejercicio, dando lugar al cuestionario VOSI (Views of Scientific Inquiry). Lederman et al. (2014) revisaron posteriormente este marco inicial, ampliándolo a los ocho aspectos actuales mediante su alineación explícita con estándares curriculares de referencia, los Next Generation Science Standards, los Benchmarks for Science Literacy y los National Science Education Standards, sometiendo cada aspecto y sus reactivos asociados a un proceso de validación por parte de docentes e investigadores en educación científica.

Cabe precisar que el VASI trata estos ocho aspectos como dimensiones discretas, y no como un constructo unificado de comprensión epistemológica. Esta decisión evaluativa tiene una utilidad concreta para el presente estudio: permite identificar en qué componentes específicos de la indagación científica los estudiantes participantes logran comprensiones informadas, y en cuáles persisten concepciones ingenuas. Un puntaje global habría ocultado precisamente esas diferencias entre aspectos, que son el foco central de los resultados que se presentan más adelante. Estas dimensiones representan comprensiones epistemológicas fundamentales sobre cómo se genera y valida el conocimiento científico, trascendiendo la mera descripción de procedimientos para enfocarse en la naturaleza interpretativa, contextual y metodológicamente diversa de la práctica científica auténtica.

VASI-Elementary (VASI-E)

Para los estudiantes de cuarto grado de primaria se administró el cuestionario VASI-Elementary (VASI-E), versión adaptada para estudiantes de educación elemental (Lederman et al., 2024), que evalúa cinco de los ocho aspectos fundamentales: (1) toda investigación científica comienza con una pregunta; (2) múltiples diseños metodológicos pueden emplearse para resolver investigaciones científicas; (3) los procedimientos de investigación son guiados por la pregunta formulada; (4) las conclusiones de investigación deben ser consistentes con los datos recopilados; y (5) las explicaciones científicas se desarrollan a partir de una combinación de datos recopilados y conocimiento previo. La selección de estos cinco aspectos responde a que no todos los componentes de la NOSI son apropiados para estudiantes en etapas elementales de escolarización (Lederman et al., 2024). El instrumento

está conformado por cinco preguntas abiertas acompañadas de escenarios científicos contextualizados y apropiados al desarrollo cognitivo de estudiantes de primaria.

VASI

Para los estudiantes de undécimo grado se utilizó el cuestionario VASI en su versión completa, el cual evalúa los ocho aspectos centrales de la indagación científica (Lederman et al., 2014), incluyendo los cinco aspectos del VASI-E y añadiendo tres componentes de mayor complejidad epistemológica: (6) científicos que realizan los mismos procedimientos pueden no obtener los mismos resultados; (7) los procedimientos de investigación pueden influir en los resultados obtenidos; y (8) los datos científicos no son equivalentes a la evidencia científica. Esta versión ampliada permite capturar comprensiones más sofisticadas sobre la variabilidad en la investigación científica y la naturaleza interpretativa de la evidencia, aspectos cruciales para una comprensión epistémicamente madura de la ciencia. El cuestionario VASI consta de siete preguntas abiertas.

Si bien el VASI-E y el VASI difieren en extensión (cinco y siete preguntas, respectivamente) y en el nivel de complejidad lingüística de los escenarios presentados, ambos instrumentos comparten los cinco aspectos evaluados en el VASI-E, formulados como preguntas abiertas equivalentes en su estructura argumentativa: en ambos casos, el estudiante debe tomar posición frente a un escenario científico y justificar su respuesta. La codificación de las respuestas a estos cinco aspectos compartidos se realizó bajo el mismo protocolo de tres categorías (Naïve, Mixed, Informed) y por los mismos dos investigadores, lo que garantiza que los criterios de clasificación fueron aplicados de manera uniforme en ambos niveles educativos. Las entrevistas complementarias se condujeron bajo el mismo procedimiento en ambos niveles educativos, sin adaptaciones adicionales para uno u otro grupo.

No obstante, dado que el VASI-E fue diseñado específicamente para adaptarse al desarrollo cognitivo y lingüístico de estudiantes de educación primaria, los investigadores brindaron a este grupo un apoyo adicional durante la aplicación del cuestionario que no se ofreció a los estudiantes de secundaria, consistente en la lectura en voz alta de las preguntas y la aclaración de vocabulario cuando fue solicitado por los estudiantes. Esta diferencia en las condiciones de aplicación constituye una limitación relevante para la comparación entre ambos niveles: no puede descartarse que parte de las diferencias observadas responda, al menos parcialmente, al apoyo diferencial recibido durante la aplicación o a la distinta complejidad lingüística de los escenarios presentados en cada versión del instrumento, y no exclusivamente a diferencias en la comprensión epistemológica de los estudiantes.

Proceso de adaptación lingüística

Ambos cuestionarios fueron sometidos a un riguroso proceso de adaptación transcultural mediante el método de traducción-retrotraducción (Maneesriwongul & Dixon, 2004; OECD, 2017). En una primera etapa, los instrumentos originales en inglés fueron traducidos al español colombiano por dos investigadores bilingües con formación en educación científica. Posteriormente, las versiones en español fueron retrotraducidas al inglés por un traductor independiente sin conocimiento previo de los textos originales. Finalmente, las versiones

retrotraducidas fueron examinadas y validadas por los autores del instrumento original, quienes confirmaron la equivalencia semántica y conceptual de las adaptaciones. Este procedimiento garantizó la preservación del contenido epistemológico y la intención evaluativa de cada ítem.

Procedimiento de recolección de datos

La recolección de datos se realizó durante el segundo semestre del año escolar, en horario regular de clases y con la autorización de las directivas institucionales. Los cuestionarios fueron administrados por los investigadores en las aulas habituales de los estudiantes, siguiendo un protocolo estandarizado que incluyó una breve introducción sobre el propósito del estudio, instrucciones de respuesta, y énfasis en que no existían respuestas correctas o incorrectas, sino que se buscaba conocer las propias ideas de los estudiantes sobre cómo funciona la ciencia. Los participantes dispusieron de entre 45 y 60 minutos para completar los cuestionarios, tiempo determinado mediante estudios piloto previos como suficiente para el desarrollo de respuestas reflexivas sin generar fatiga cognitiva.

Una vez completada la fase de aplicación de cuestionarios, se procedió a la realización de entrevistas complementarias con base en dos criterios de selección: (a) se seleccionaron aleatoriamente 20 estudiantes de cada nivel educativo, equivalente al 20% de cada muestra; y (b) se incluyó adicionalmente a todos aquellos estudiantes que emitieron respuestas cerradas sin justificación adecuada (“sí/no/no sé”) o cuyas respuestas escritas resultaron ambiguas o insuficientemente desarrolladas. Las entrevistas, de carácter semiestructurado y con una duración aproximada de 10 a 15 minutos por estudiante, permitieron a los participantes elaborar oralmente sus respuestas y clarificar sus comprensiones sobre los aspectos evaluados. Estas entrevistas fueron registradas mediante notas de campo y, cuando fue autorizado, mediante grabaciones de audio.

Análisis de datos

Los datos recopilados mediante los cuestionarios VASI-E y VASI fueron analizados siguiendo el protocolo de codificación establecido por Lederman et al. (2014, 2019), que clasifica las respuestas de los estudiantes en tres categorías mutuamente excluyentes según el nivel de sofisticación epistemológica demostrado: Naïve (ingenua), que corresponde a respuestas que reflejan concepciones simplistas o epistemológicamente erróneas sobre la indagación científica; Mixed (mixta), que caracteriza respuestas que combinan elementos conceptualmente correctos con concepciones ingenuas, evidenciando comprensiones parciales o en transición; e Informed (informada), que designa respuestas que demuestran una comprensión epistemológicamente sofisticada y conceptualmente precisa, coherente con las perspectivas contemporáneas sobre la naturaleza de la ciencia (Lederman et al., 2014).

El criterio operativo aplicado consistió en evaluar el grado de justificación epistemológica presente en la respuesta, y no únicamente la postura adoptada por el estudiante frente a cada escenario planteado. Este criterio se aplicó de manera diferenciada para cada uno de los ocho aspectos evaluados, siguiendo ejemplos de codificación reportados en aplicaciones previas

del instrumento (Doğan et al., 2024). Para el aspecto de multiplicidad de métodos, por ejemplo, una respuesta se codificó como Naïve cuando negaba la existencia de más de un método sin fundamento alguno; como Mixed cuando reconocía la posibilidad de varios métodos, pero seguía subordinándolos a una secuencia fija de pasos (observar, hipotetizar, experimentar, concluir); y como Informed cuando el estudiante distinguía explícitamente entre tipos de diseño metodológico, por ejemplo, contrastando un estudio experimental con uno observacional.

Para el aspecto de datos y evidencia, una respuesta Naïve tendía a tratar ambos términos como sinónimos; una respuesta Mixed los diferenciaba de manera superficial, sin conectar la evidencia con el proceso interpretativo de los datos; y una respuesta Informed explicaba que la evidencia surge de un proceso de interpretación aplicado sobre los datos, y no de su mera recolección. Para el aspecto de procedimientos guiados por la pregunta, una respuesta Naïve justificaba la elección de un procedimiento sin vincularlo a la pregunta de investigación; una respuesta Mixed ofrecía una justificación genérica sobre la pertinencia del procedimiento; y una respuesta Informed vinculaba explícitamente una característica particular de la pregunta con la decisión metodológica correspondiente. En el presente estudio, se siguió este mismo criterio de especificidad para los ocho aspectos evaluados.

El proceso de codificación fue realizado de manera independiente por dos investigadores con formación doctoral en educación científica y experiencia previa en la aplicación de instrumentos VASI, quienes analizaron la totalidad de los cuestionarios (n = 200) sin conocimiento de las codificaciones del otro. Previo a la codificación de la muestra completa, ambos investigadores realizaron una fase de calibración conjunta, discutiendo y ajustando la aplicación de los criterios de clasificación sobre un subconjunto de respuestas. Posteriormente, se calculó el índice de confiabilidad entre codificadores mediante el método de concordancia porcentual. El acuerdo inicial entre ambos codificadores, previo a cualquier discusión, fue del 90%. Las discrepancias restantes fueron resueltas mediante discusión hasta alcanzar el 100% en el consenso correspondiente al acuerdo final una vez resueltas dichas discrepancias. Lo anterior evidencia la robustez del protocolo de codificación y la claridad de los criterios aplicados una vez calibrados entre los investigadores.

En los casos donde la información del cuestionario escrito resultaba insuficiente para asignar una categoría, se incorporó la evidencia proveniente de las entrevistas complementarias para triangular la información y fundamentar la decisión de codificación. Este procedimiento permitió recategorizar la codificación de 12 respuestas a ítems cuya información escrita resultaba incompleta, ambigua o insuficientemente fundamentada. Una vez completada la codificación, se procedió al análisis estadístico mediante el software R. Se calcularon distribuciones de frecuencias y porcentajes para cada aspecto de la indagación científica en ambos niveles educativos. Para examinar si existían diferencias estadísticamente significativas entre primaria y secundaria en los cinco aspectos compartidos por ambos instrumentos, se aplicó la prueba chi-cuadrado de Pearson (χ^2) (Creswell & Guetterman, 2024), considerando un nivel de significancia de $\alpha = 0{,}05$. Esta prueba no paramétrica resulta apropiada para el análisis de diferencias en variables categóricas independientes, dado que

permite determinar si las distribuciones observadas de comprensiones difieren significativamente entre los dos grupos más allá de lo esperable por azar.

Resultados

Los datos recopilados mediante los instrumentos VASI-E y VASI fueron codificados inicialmente de manera independiente por dos investigadores, quienes alcanzaron un 90% de acuerdo antes de la discusión de las discrepancias. Los desacuerdos restantes fueron resueltos posteriormente mediante consenso. Las respuestas de los estudiantes fueron clasificadas en tres categorías según el nivel de comprensión demostrado: ingenua (Naïve), mixta (Mixed) e informada (Informed). Los resultados se presentan en tres apartados: primero, los patrones de comprensión en educación primaria; segundo los patrones en educación secundaria; y tercero, el análisis comparativo entre ambos niveles para los cinco aspectos compartidos por los dos instrumentos.

Visiones sobre indagación científica en educación primaria

Los estudiantes de cuarto grado de primaria presentaron comprensiones predominantemente ingenuas en la totalidad de los aspectos evaluados mediante el VASI-E. El aspecto que concentró la mayor dificultad fue la comprensión de que múltiples diseños metodológicos pueden emplearse en una investigación científica, donde el 73% de los estudiantes mostró comprensiones ingenuas, el 21% comprensiones mixtas y solo el 6% comprensiones informadas. Una proporción similar de comprensiones ingenuas se observó en los aspectos referidos a la consistencia de las conclusiones con los datos recopilados (61%), al desarrollo de explicaciones a partir de datos y conocimiento previo (61%), y al reconocimiento de que los procedimientos de investigación son guiados por la pregunta formulada (60%).

El aspecto con el desempeño relativo más favorable fue el reconocimiento de que toda investigación científica comienza con una pregunta, aunque incluso en este caso la mayoría de los estudiantes mostró comprensiones ingenuas (53%), con comprensiones mixtas en el 46% y comprensiones informadas en apenas el 1% de los casos. Las comprensiones informadas fueron escasas en todos los aspectos evaluados, oscilando entre el 1% y el 13%, mientras que las comprensiones mixtas se presentaron en proporciones que variaron entre el 21% y el 46% (ver Tabla 1).

Tabla 1. Visiones sobre indagación científica en educación primaria (VASI-E, n = 100)

Aspecto	Ingenua	Mixta	Informada
Comienza con una pregunta	53% (53)	46% (46)	1% (1)
Múltiples diseños	73% (73)	21% (21)	6% (6)
Procedimientos guiados por la pregunta	60% (60)	34% (34)	6% (6)
Explicaciones desde datos y conocimiento previo	61% (61	26% (26)	13% (13)
Conclusiones consistentes con datos	61% (61)	26% (26)	13% (13)

Visiones sobre indagación científica en educación secundaria

Los estudiantes de undécimo grado presentaron un panorama más heterogéneo que el observado en primaria, con variaciones considerables entre los distintos aspectos evaluados. En lo que respecta a los cinco aspectos compartidos con el VASI-E, los resultados muestran que el reconocimiento de que toda investigación comienza con una pregunta alcanzó el mejor desempeño relativo de este grupo (58% informada, 24% ingenua), seguido por la consistencia entre conclusiones y datos (62% informada, 36% ingenua) y el desarrollo de explicaciones a partir de datos y conocimiento previo (40% informada, 24% ingenua). Por el contrario, la comprensión de que los procedimientos son guiados por la pregunta formulada resultó particularmente problemática, con una mayoría de comprensiones ingenuas (57%) y solo el 29% de comprensiones informadas, lo que la convierte en el aspecto de peor desempeño relativo en este nivel. La multiplicidad de métodos científicos también presentó dificultades importantes, con apenas el 13% de comprensiones informadas y el 37% de comprensiones ingenuas.

En cuanto a los tres aspectos evaluados exclusivamente en secundaria, los resultados revelan patrones de interés diferenciado. La comprensión de que científicos que realizan los mismos procedimientos pueden no obtener los mismos resultados mostró el segundo mejor desempeño del nivel, con el 50% de comprensiones informadas y el 41% de comprensiones ingenuas, lo que sugiere que al menos la mitad de los estudiantes ha desarrollado una noción de la variabilidad inherente a la práctica científica. La comprensión de que los procedimientos de investigación pueden influir en los resultados obtenidos alcanzó el 51% de comprensiones informadas, el 40% de comprensiones ingenuas y el 9% de comprensiones mixtas, constituyendo junto con el aspecto anterior los únicos dos casos en que la mayoría de los estudiantes de undécimo grado logró una comprensión epistemológicamente adecuada entre los aspectos exclusivos de este nivel. En contraste, la distinción entre datos científicos y evidencia científica resultó el aspecto de mayor dificultad epistemológica: solo el 31% de los estudiantes alcanzó comprensiones informadas, mientras que las comprensiones ingenuas (35%) y mixtas (34%) se distribuyeron de manera casi equivalente, reflejando la dificultad que representa para los estudiantes comprender que los datos no adquieren el estatus de evidencia de manera automática, sino a través de un proceso interpretativo mediado por marcos teóricos y preguntas de investigación. Los resultados completos se presentan en la Tabla 2.

Tabla 2. Visiones sobre indagación científica en educación secundaria (VASI, n = 100)

Aspecto	Ingenua	Mixta	Informada
Comienza con una pregunta	24% (24)	18% (18)	58% (58)
Múltiples métodos	37% (37)	50% (50)	13% (13)
Procedimientos guiados por la pregunta	57% (57)	14% (14)	29% (29)
Datos no equivalen a evidencia	35% (35)	34% (34)	31% (31)
Explicaciones desde datos y conocimiento previo	24% (24)	36% (36)	40% (40)
Mismos procedimientos, resultados distintos	41% (41)	9% (9)	50% (50)
Procedimientos influyen en resultados	40% (40)	9% (9)	51% (51)
Conclusiones consistentes con datos	36% (36)	2% (2)	62% (62)

Análisis comparativo entre primaria y secundaria

Para examinar las diferencias entre ambos niveles en los cinco aspectos compartidos por el VASI-E y el VASI, se aplicó la prueba chi-cuadrado de Pearson (χ^2). Todos los aspectos compartidos revelaron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$), con magnitudes que oscilaron entre 7 y 57 puntos porcentuales de diferencia en comprensiones informadas a favor de secundaria. Los resultados completos se presentan en la Tabla 3.

Tabla 3. Comparación estadística entre primaria y secundaria en los cinco aspectos compartidos

Aspecto	Nivel	Ingenua	Mixta	Informada	χ^2	gl	p
Comienza con una pregunta	Primaria	53% (53)	46% (46)	1% (1)	78,240	2	< 0,001
	Secundaria	24% (24)	18% (18)	58% (58)			
Múltiples métodos	Primaria	73% (73)	21% (21)	6% (6)	26,206	2	< 0,001
	Secundaria	37% (37)	50% (50)	13% (13)			
Procedimientos guiados por la pregunta	Primaria	60% (60)	34% (34)	6% (6)	23,525	2	< 0,001
	Secundaria	57% (57)	14% (14)	29% (29)			
Conclusiones consistentes con datos	Primaria	61% (61)	26% (26)	13% (13)	59,028	2	< 0,001
	Secundaria	36% (36)	2% (2)	62% (62)			
Explicaciones desde datos y conocimiento previo	Primaria	61% (61)	26% (26)	13% (13)	31,474	2	< 0,001
	Secundaria	24% (24)	36% (36)	40% (40)			

Este resultado muestra la diferencia más marcada entre los dos grupos entre los cinco aspectos compartidos por ambos instrumentos: 57 puntos porcentuales en comprensiones informadas. Resulta interesante que sea justamente el aspecto conceptualmente más elemental del marco NOSI, el reconocimiento de que toda investigación científica parte de una pregunta, el que exhiba la brecha más amplia entre primaria y secundaria. En primaria, la gran mayoría de los estudiantes todavía no logra articular con claridad esta idea (53% ingenua, apenas 1% informada), mientras que en secundaria más de la mitad alcanza una comprensión adecuada (58% informada). Este contraste sugiere que la simplicidad aparente de esta idea no garantiza su consolidación temprana, y que su comprensión epistemológica plena podría depender de una familiaridad progresiva con la práctica de la indagación científica.

La consistencia entre conclusiones y datos mostró la segunda diferencia más amplia ($\chi^2 = 59,028$, $gl = 2$, $p < 0,001$), con 49 puntos porcentuales de diferencia en comprensiones informadas (62% en secundaria frente al 13% en primaria), siendo además el aspecto donde los estudiantes de undécimo grado lograron el mejor desempeño absoluto de todo el estudio. El desarrollo de explicaciones a partir de datos y conocimiento previo presentó diferencias igualmente significativas ($\chi^2 = 31,474$, $gl = 2$, $p < 0,001$), con 27 puntos porcentuales de diferencia a favor de secundaria (40% frente al 13%), aunque en ninguno de los dos niveles se alcanzó siquiera la mitad de comprensiones informadas.

Un patrón particularmente preocupante emerge al examinar los dos aspectos con diferencias más reducidas. Los procedimientos guiados por la pregunta, aunque estadísticamente

significativos (χ^2 = 23,525, gl = 2, p < 0,001), evidencian que ambos niveles mantienen mayorías de comprensiones ingenuas: 60% en primaria y 57% en secundaria. La diferencia de 23 puntos porcentuales en comprensiones informadas, 29% en secundaria frente a 6% en primaria, fue la segunda más reducida de los cinco aspectos compartidos. Este resultado resulta llamativo si se considera que ajustar los procedimientos a la pregunta de investigación suele ser precisamente uno de los principios más enfatizados en las actividades escolares de indagación guiada, lo que sugiere que la práctica reiterada de procedimientos experimentales no basta, por sí sola, para que los estudiantes comprendan por qué esos procedimientos deben responder a la pregunta planteada y no seguir un protocolo fijo. El caso más crítico es la multiplicidad de métodos científicos (χ^2 = 26,206, gl = 2, p < 0,001): con apenas 7 puntos porcentuales de diferencia en comprensiones informadas entre secundaria (13%) y primaria (6%), este aspecto revela que la concepción de un método científico único, secuencial y universal está profundamente arraigada en los estudiantes participantes con independencia del nivel educativo, un patrón que sería relevante contrastar en el futuro con muestras representativas de otras regiones y estratos socioeconómicos del país.

Considerados en conjunto, los resultados permiten identificar dos patrones. Por una parte, las distribuciones de respuestas de los estudiantes de secundaria difieren significativamente de las observadas en primaria en los cinco aspectos compartidos. Estas diferencias son compatibles con la posibilidad de que las experiencias educativas y el desarrollo asociado a la edad contribuyan a comprensiones más elaboradas; sin embargo, el diseño transversal no permite identificar el peso de estos factores ni establecer una relación causal con la escolarización. Por otra parte, incluso en undécimo grado, último año de la educación formal en Colombia, ningún aspecto de la NOSI alcanza comprensiones informadas en la totalidad o mayoría amplia de los estudiantes, y dos aspectos centrales (multiplicidad de métodos y procedimientos guiados por la pregunta) permanecen predominantemente incomprendidos. Este patrón es consistente con los hallazgos del estudio internacional de referencia (Lederman et al., 2019, 2021) y refuerza la necesidad de una enseñanza explícita, reflexiva y sostenida de la NOSI a lo largo de toda la trayectoria escolar.

Discusión

La persistencia de comprensiones ingenuas sobre la multiplicidad de métodos científicos, incluso en undécimo grado, indica que este aspecto, junto con la relación entre la pregunta de investigación y los procedimientos, es el que menos cambia entre primaria y secundaria de los cinco compartidos por ambos instrumentos. Este patrón coincide con lo documentado en otros contextos: la idea de que existe un único método científico aplicado de manera uniforme suele estar profundamente arraigada, incluso entre estudiantes de niveles avanzados. Una posible explicación es que la enseñanza tradicional de las ciencias presenta los procedimientos experimentales como una secuencia fija de pasos, en lugar de como decisiones metodológicas que dependen de la pregunta de investigación planteada.

De manera concordante, Gyllenpalm et al. (2022), en el análisis del subestudio sueco del proyecto VASI, documentaron un patrón similar. Los aspectos relacionados con la multiplicidad de métodos y la variabilidad de los resultados obtenidos mediante

procedimientos equivalentes concentraron las mayores proporciones de respuestas mixtas, tanto en estudiantes de séptimo como de duodécimo grado, sin que la diferencia entre ambos niveles fuera sustancial. Los autores interpretaron estos resultados como una expresión de la persistencia de una imagen algorítmica de la ciencia, que no suele abordarse de manera explícita como objetivo curricular. En la muestra analizada se observa una persistencia semejante. El hecho de que un patrón equivalente se documente tanto en el contexto sueco descrito por Gyllenpalm et al. (2022) como en el colombiano, dos sistemas educativos con currículos y tradiciones pedagógicas marcadamente distintos, sugiere que la dificultad para superar la imagen algorítmica de la ciencia podría no ser exclusiva de un currículo particular, sino una característica más general de cómo suele abordarse el método científico en la educación formal.

El aspecto de procedimientos guiados por la pregunta muestra un patrón similar de persistencia. En cuarto grado, el 60% de los estudiantes muestra visiones ingenuas sobre este aspecto; en undécimo, esa cifra apenas desciende al 57%. Se trata de la brecha más reducida entre ambos niveles en términos de comprensiones ingenuas, lo que sugiere que, independientemente del nivel educativo alcanzado, comprender que es la pregunta de investigación, y no un protocolo genérico, la que determina qué procedimientos son pertinentes continúa siendo uno de los aspectos epistemológicamente más difíciles de la NOSI.

Los resultados obtenidos coinciden con lo documentado por Andrade et al. (2020) para el contexto brasileño. En el aspecto referido a la relación entre la pregunta de investigación y los procedimientos empleados, el 83,2% de las respuestas fue clasificado como ingenuo y solo el 1,9% alcanzó un nivel informado. Los estudiantes mostraron dificultades para reconocer que el procedimiento debe ser adecuado a la pregunta que orienta la indagación. Los autores observaron este patrón incluso en escuelas con propuestas curriculares centradas en actividades de indagación, lo que respalda su planteamiento de que participar en estas actividades no conduce necesariamente a comprender sus fundamentos epistemológicos. Los resultados del presente estudio apuntan en una dirección similar, pues la persistencia de comprensiones mayoritariamente ingenuas en cuarto y undécimo grado sugiere que la relación entre la pregunta y el procedimiento continúa siendo difícil de comprender, aun después de varios años de escolarización.

Frente a estos dos aspectos de alta dificultad sostenida, los resultados de undécimo grado en consistencia entre conclusiones y datos (62% informada) y en la comprensión de que toda investigación comienza con una pregunta (58% informada) representan una divergencia positiva que merece ser analizada. Lederman et al. (2021), en un estudio de seguimiento con estudiantes de último año de secundaria de 32 países y regiones, reportaron comprensiones predominantemente bajas en casi todos los aspectos y contextos nacionales. En contraste con este patrón global, el desempeño de los participantes del presente estudio en ambos aspectos fue más favorable. Esta diferencia descriptiva no permite identificar sus causas, pero plantea la necesidad de examinar si determinados énfasis curriculares, prácticas docentes u otras características del contexto educativo podrían estar relacionados con los resultados observados.

Una posible explicación, aunque no puede comprobarse directamente con los datos disponibles, es que los EBC enfatizan competencias como la argumentación y la formulación de hipótesis. Este énfasis podría favorecer indirectamente la comprensión de la relación entre preguntas, datos y conclusiones. De ser así, los resultados respaldarían la idea de que, cuando el currículo orienta la enseñanza hacia determinados aspectos epistemológicos, incluso de manera implícita, los estudiantes pueden desarrollar comprensiones más elaboradas que en ausencia de esa orientación.

Entre los participantes de undécimo grado del presente estudio, el 31% alcanzó una comprensión informada, mientras que las respuestas restantes se distribuyeron de manera relativamente equilibrada entre las categorías ingenua y mixta. Este resultado es más favorable que el reportado por Doğan et al. (2024), quienes clasificaron el 66,2% de las respuestas como ingenuas, el 26,7% como mixtas y solo el 7,2% como informadas. Aunque ambos estudios corresponden a momentos diferentes de la trayectoria escolar, la comparación muestra que la distinción entre datos y evidencia continúa representando una dificultad epistemológica. En el presente estudio, la distribución relativamente equilibrada entre las categorías podría indicar que una parte de los estudiantes reconoce que ambos conceptos no son equivalentes, pero aún no logra explicar con precisión su relación. Una dificultad semejante fue documentada por Gyllenpalm et al. (2022) en estudiantes suecos de séptimo y duodécimo grado, para quienes este aspecto se situó entre los menos comprendidos. En conjunto, estos hallazgos sugieren la necesidad de abordar esta distinción de manera más explícita en la enseñanza de las ciencias.

El conjunto de estos patrones permite plantear una hipótesis de carácter pedagógico y curricular. Las diferencias estadísticamente significativas entre primaria y secundaria muestran que las distribuciones de respuestas no son equivalentes entre ambos grupos, pero no demuestran por sí mismas un efecto de la escolarización. Una interpretación posible es que algunos aspectos de la NOSI sean favorecidos indirectamente por determinadas experiencias curriculares o prácticas de enseñanza, mientras que aquellos que requieren un tratamiento explícito permanezcan menos desarrollados. Esta explicación no puede comprobarse con los datos disponibles y deberá ser examinada mediante estudios que incorporen análisis del currículo implementado, prácticas docentes y observaciones de aula.

En este sentido, Capps y Crawford (2013) documentaron que incluso docentes altamente calificados tienden a priorizar las habilidades procedimentales de la indagación sin abordar explícitamente sus fundamentos epistemológicos, en parte porque esta distinción no siempre forma parte de su preparación profesional. Asimismo, esta dificultad no es exclusiva del contexto colombiano. Cofré et al. (2015), en un análisis comparativo de los programas de formación docente en ciencias de Argentina, Colombia y Chile, identificaron limitaciones estructurales similares en el tratamiento de los fundamentos epistemológicos de la disciplina en la región sudamericana.

Esta brecha en la formación docente se ve reforzada, en el contexto colombiano, por la ausencia de la NOSI como objetivo de aprendizaje explícito en los documentos curriculares vigentes (Cristancho Chinóme, 2023; Zompero et al., 2022). Sin embargo, Akerson et al. (2024) mostraron que esta situación puede modificarse, ya que estudiantes de tercer y cuarto

grado pueden desarrollar comprensiones informadas sobre diversos aspectos de la NOSI cuando las condiciones pedagógicas se diseñan deliberadamente con ese propósito. Por ello, el hecho de que los participantes de cuarto grado del presente estudio no alcancen ese nivel no parece responder únicamente a su edad o desarrollo cognitivo, sino que podría relacionarse con las oportunidades de aprendizaje y el tipo de enseñanza recibida.

En esta misma línea, investigaciones desarrolladas en Chile y en otros contextos aportan evidencia complementaria sobre la importancia de la mediación docente en las experiencias de indagación. González-Weil et al. (2012), al analizar las prácticas de seis docentes chilenos de ciencias de educación secundaria que transformaron su enseñanza aproximándose a un enfoque indagatorio, observaron que el docente actúa como un guía activo que orienta explícitamente la actividad, monitorea de manera permanente el trabajo de los estudiantes y ajusta el andamiaje a sus requerimientos. De forma convergente, en el metaanálisis de Furtak et al. (2012), los estudios que contrastaron la enseñanza tradicional con propuestas de indagación guiadas por el docente obtuvieron un tamaño de efecto medio más de dos veces mayor que aquellos que la contrastaron con propuestas conducidas por los estudiantes, lo que llevó a los autores a destacar el papel del docente en la orientación activa de las actividades de indagación. Por su parte, Abrami et al. (2015), en un metaanálisis sobre estrategias de enseñanza del pensamiento crítico, encontraron que las oportunidades de diálogo, especialmente cuando el docente formula preguntas y conduce las discusiones, y la exposición a problemas y ejemplos auténticos favorecen el desarrollo de habilidades de pensamiento crítico, con efectos mayores cuando estas estrategias se combinan con la mentoría. Aunque estos estudios no evaluaron directamente la NOSI, sus hallazgos muestran que los aprendizajes vinculados con la indagación dependen, en buena medida, de la intencionalidad y la mediación pedagógica con que se diseñan las experiencias formativas.

Conclusiones

Los resultados del presente estudio no solo confirman las dificultades ya documentadas en la comprensión de la naturaleza de la indagación científica, sino que muestran un patrón diferenciado entre los niveles de primaria y secundaria en las instituciones públicas de Cundinamarca-Colombia analizadas. Las variaciones observadas sugieren que la escolarización podría favorecer de manera indirecta aquellos aspectos de la NOSI que coinciden con los énfasis curriculares vigentes, mientras que otros, especialmente los que requieren una enseñanza explícita y reflexiva, permanecen menos desarrollados. Este patrón pone de relieve la necesidad de incorporar la NOSI de forma más sistemática tanto en el currículo de ciencias como en la formación docente.

Esta heterogeneidad entre aspectos constituye, en sí misma, el principal hallazgo del estudio: confirma que la naturaleza de la indagación científica no puede tratarse en el currículo como un contenido único y homogéneo, sino que exige una atención diferenciada según el aspecto, con mayor énfasis en aquellos que la escuela, tal como está organizada actualmente, no logra movilizar por sí sola. Los aspectos que muestran mayores avances entre primaria y secundaria tienden a coincidir con habilidades que se practican de manera reiterada en las actividades escolares de indagación, mientras que aquellos que permanecen más estables en

el tiempo remiten a decisiones metodológicas de fondo, menos visibles en la rutina del aula y, por tanto, más dependientes de una enseñanza explícita de sus fundamentos epistemológicos. Esta distinción sugiere que la sola exposición a experiencias de indagación no es suficiente para desarrollar una comprensión epistemológica robusta, y que la NOSI requiere ser tratada como un contenido de enseñanza propio, con objetivos y estrategias diferenciados de los que ya orientan el desarrollo de habilidades procedimentales.

A partir de estos hallazgos, las acciones requeridas no deberían limitarse a medidas remediales, sino orientarse a cambios de carácter estructural. No se trata únicamente de incorporar más actividades de indagación en un currículo que ya las contempla, sino de reconocer la comprensión epistemológica de la indagación científica como un contenido de aprendizaje con progresión explícita entre niveles e indicadores susceptibles de evaluación. Para ello, es necesario avanzar en al menos tres direcciones complementarias: incorporar la NOSI de manera explícita en los Estándares Básicos de Competencias y los Derechos Básicos de Aprendizaje como un objetivo formativo específico, y no solo procedimental; desarrollar indicadores de progresión que permitan a los docentes reconocer y evaluar los distintos niveles de comprensión epistemológica de sus estudiantes; fortalecer la formación inicial y continua del profesorado para abordar de manera explícita y reflexiva los fundamentos epistemológicos vinculados con las actividades de indagación; más allá de sus componentes procedimentales. En este sentido, el presente estudio circunscrito a dos grupos de estudiantes de instituciones públicas de Cundinamarca-Colombia aporta una base diagnóstica que respalda la necesidad de estas transformaciones y puede orientar la formulación de futuras investigaciones sobre su implementación.

Referencias

Abrami, P. C., Bernard, R. M., Borokhovski, E., Waddington, D. I., Wade, C. A., & Persson, T. (2015). Strategies for teaching students to think critically: A meta-analysis. *Review of Educational Research, 85*(2), 275–314. https://doi.org/10.3102/0034654314551063

Ahmad Faize, F. (2022). Assessing science teachers' understanding about the nature of scientific inquiry and its reflection in students' responses using the VASI questionnaire. International Journal of Science Education, *44*(14), 1–17. https://doi.org/10.1080/09500693.2022.2116959

Akerson, V. L., Cesljarev, C., Liu, C., Lederman, J., Lederman, N., & El Ahmadie, N. (2024). Third and fourth grade students' conceptions of the nature of scientific inquiry. *International Journal of Science Education, 46*(3), 205–221. https://doi.org/10.1080/09500693.2023.2226333

Andrade, M. A. B. S., Lederman, N. G., & Lederman, J. (2020). VASI questionnaire in the context of Brazilian secondary education: An analysis of the students' understanding of scientific inquiry. *Ciência & Educação (Bauru), 26*, e20070. https://doi.org/10.1590/1516-731320200070

Bächtold, M., Cross, D., & Munier, V. (2024). The relationships between the practice of different scientific activities and students' scientific knowledge, inquiry skills, view of the nature of science and attitude towards science: A study in primary school. *International Journal of Science Education*, *46*(18), 1922–1943. https://doi.org/10.1080/09500693.2024.2303623

Capps, D. K., & Crawford, B. A. (2013). Inquiry-based instruction and teaching about nature of science: Are they happening? *Journal of Science Teacher Education*, *24*(3), 497–526. https://doi.org/10.1007/s10972-012-9314-z

Cofré, H., González-Weil, C., Vergara, C., Santibáñez, D., Ahumada, G., Furman, M., Podesta, M. E., Camacho, J., Gallego, R., & Pérez, R. (2015). Science teacher education in South America: The case of

Argentina, Colombia and Chile. *Journal of Science Teacher Education*, *26*(1), 45–63. https://doi.org/10.1007/s10972-015-9420-9

Cofré, H., Núñez, P., Santibáñez, D., Pavez, J. M., Valencia, M., & Vergara, C. (2019). A critical review of students' and teachers' understandings of nature of science. *Science & Education, 28*(3–5), 205–248. https://doi.org/10.1007/s11191-019-00051-3

Creswell, J. W., & Guetterman, T. C. (2024). *Educational research: Planning, conducting, and evaluating quantitative and qualitative research* (7th ed.). Pearson.

Creswell, J.W. & Creswell, J.D. (2023) *Research Design: Qualitative, quantitative and mixed methods approaches* (6th ed.). Sage Publications Ltd.

Cristancho Chinóme, J.R. (2023). Currículum en Ciencias Naturales en Latinoamérica. Análisis de la producción investigativa. *Praxis & Saber*, *14*(37), e15616. https://doi.org/10.19053/22160159.v14.n37.2023.15616

Deng, F., Chen, D.-T., Tsai, C.-C., & Chai, C. S. (2011). Students' views of the nature of science: A critical review of research. *Science Education, 95*(6), 961–999. https://doi.org/10.1002/sce.20460

Doğan, Ö. K., Han-Tosunoğlu, C., Arslan, N., Çakır, M., & İrez, S. (2024). Middle school graduates' understandings of scientific inquiry and its relation to academic achievement. *International Journal of Science and Mathematics Education, 22*(1), 143–166. https://doi.org/10.1007/s10763-023-10365-y

Fackler, A. (2021). When science denial meets epistemic understanding: Fostering a research agenda for science education. *Science & Education*, *30*(3), 445–461. https://doi.org/10.1007/s11191-021-00198-y

Feinstein, N. W., & Waddington, D. I. (2020). Individual truth judgments or purposeful, collective sensemaking? Rethinking science education's response to the post-truth era. *Educational Psychologist*, *55*(3), 155–166. https://doi.org/10.1080/00461520.2020.1780130

Furtak, E. M., Seidel, T., Iverson, H., & Briggs, D. C. (2012). Experimental and quasi-experimental studies of inquiry-based science teaching: A meta-analysis. *Review of Educational Research, 82*(3), 300–329. https://doi.org/10.3102/0034654312457206

Gallego Badillo, R., Pérez Miranda, R., & Torres de Gallego, L. N. (2004). Formación inicial de profesores de ciencias en Colombia: Un estudio a partir de programas acreditados. *Ciência & Educação* (Bauru), *10*(2), 219-234. https://doi.org/10.1590/S1516-73132004000200006

González-Weil, C., Cortéz, M., Bravo, P., Ibaceta, Y., Cuevas, K., Quiñones, P., Maturana, J., & Abarca, A. (2012). La indagación científica como enfoque pedagógico: Estudio sobre las prácticas innovadoras de docentes de ciencia en EM (Región de Valparaíso). *Estudios Pedagógicos, 38*(2), 85–102. https://doi.org/10.4067/S0718-07052012000200006

Gyllenpalm, J., Rundgren, C. J., Lederman, J., & Lederman, N. (2022). Views about scientific inquiry: A study of students' understanding of scientific inquiry in grade 7 and 12 in Sweden. *Scandinavian Journal of Educational Research*, *66*(2), 336–354. https://doi.org/10.1080/00313831.2020.1869080

Khaokhajorn, W., & Srisawasdi, N. (2024). Assessing pre-service science teachers' understanding of the nature of scientific inquiry to develop a sustainable technology-infused pedagogical program in teacher education. *Cogent Education, 11*(1), 2439160. https://doi.org/10.1080/2331186X.2024.2439160

Khishfe, R. (2023). Improving students' conceptions of nature of science: A review of the literature. *Science & Education, 32,* 1887–1931. https://doi.org/10.1007/s11191-022-00390-8

Lederman, J. S., Bartels, S., Jimenez, J., Lederman, N. G., Acosta, K., Adbo, K., Akerson, V. L., de Andrade, M. A. B. S., Avraamidou, L., Barber, K.-A., Blanquet, E., BouJaoude, S., Cardoso, R., Cesljarev, C. D., Chaipidech, P., Connolly, C. P., Crowther, D. T., Das, P. M., Dogan, Ö. K., … Zhu, Q. (2024). Completing the progression establishing an international baseline of primary, middle and secondary students' views of scientific inquiry. *International Journal of Science Education, 46*(7), 715–731. https://doi.org/10.1080/09500693.2023.2256458

Lederman, J. S., Lederman, N. G., Bartels, S., Jimenez, J., Acosta, K., Akubo, M., Aly, S., de Andrade, M. A. B. S., Atanasova, M., Blanquet, E., Blonder, R., Brown, P., Cardoso, R., Castillo-Urueta, P., Chaipidech, P., Concannon, J., Dogan, O. K., El-Deghaidy, H., Elzorkani, A., … Wishart, J. (2021). International collaborative follow-up investigation of graduating high school students' understandings of the nature of scientific inquiry: Is progress being made? *International Journal of Science Education, 43*(7), 991–1016. https://doi.org/10.1080/09500693.2021.1894500

Lederman, J. S., Lederman, N. G., Bartos, S. A., Bartels, S. L., Meyer, A. A., & Schwartz, R. S. (2014). Meaningful assessment of learners' understandings about scientific inquiry -The Views About Scientific Inquiry (VASI) questionnaire. *Journal of Research in Science Teaching, 51*(1), 65–83. https://doi.org/10.1002/tea.21125

Lederman, J., Lederman, N., Bartels, S., Jimenez, J., Akubo, M., Aly, S., Bao, C., Blanquet, E., Blonder, R., Bologna Soares de Andrade, M., Buntting, C., Cakir, M., EL-Deghaidy, H., ElZorkani, A., Gaigher, E., Guo, S., Hakanen, A., Hamed Al-Lal, S., Han-Tosunoglu, C., … Zhou, Q. (2019). An international collaborative investigation of beginning seventh grade students' understandings of scientific inquiry: Establishing a baseline. *Journal of Research in Science Teaching, 56*(4), 486–515. https://doi.org/10.1002/tea.21512

Lederman, N. G., & Lederman, J. (2020). Nature of scientific knowledge and scientific inquiry. In V. L. Akerson & G. A. Buck (Eds.), *Critical questions in STEM education* (p. 3–20). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-57646-2_1

Maneesriwongul, W., & Dixon, J. K. (2004). Instrument translation process: a methods review. *Journal of Advanced Nursing*, *48*(2), 175–186. https://doi.org/10.1111/j.1365-2648.2004.03185.x

Medina Galindo, E. D. (2026). De la formación a la práctica: Tensiones entre lo declarado y lo implementado de la NOS en docentes noveles. *Revista Multidisciplinar Epistemología de las Ciencias*, *3*(2), 2598-2633. https://doi.org/10.71112/g3p6y968

Millar, V., Park, W., & Dillon, J. (2025). The science curriculum: Issues, tensions and future prospects. *International Journal of Science Education, 47*(15–16), 1965–1971. https://doi.org/10.1080/09500693.2025.2504644

Ministerio de Educación Nacional de Colombia. (1994). *Decreto 1743 de 1994, por el cual se instituye el Proyecto de Educación Ambiental para todos los niveles de educación formal.* https://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-103598_archivo_pdf.pdf

OECD. (2017). *PISA 2015 technical report*. OECD Publishing. https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/about/programmes/edu/pisa/publications/technical-report/PISA2015_TechRep_Final.pdf

OECD. (2023). *PISA 2022 results (Volume I): The state of learning and equity in education*. OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/53f23881-en

OECD. (2026). PISA 2025 assessment and analytical framework. OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/86c36975-en

Osborne, J., & Allchin, D. (2025). Science literacy in the twenty-first century: Informed trust and the competent outsider. *International Journal of Science Education, 47*(15–16), 2134–2155. https://doi.org/10.1080/09500693.2024.2331980

Peffer, M. E., & Ramezani, N. (2019). Assessing epistemological beliefs of experts and novices via practices in authentic science inquiry. *International Journal of STEM Education, 6,* 1–23. https://doi.org/10.1186/s40594-018-0157-9

Pieterman-Bos, A., Reincke, C. M., van de Schoot, R., & van Mil, M. H. W. (2024). Understanding epistemological notions underlying scientific language use: A multifaceted analysis framework. *Frontiers in Education, 9*, 145211. https://doi.org/10.3389/feduc.2024.1452111

Presidencia de la República de Colombia. (2015, 26 de mayo). *Decreto 1075 de 2015, por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Educación.* https://www.suin-juriscol.gov.co/viewDocument.asp?ruta=Decretos/30019930

Schizas, D., Psillos, D., & Asimopoulos, S. (2024). Advancing scientific literacy: Integrating nature of science and nature of scientific inquiry in teaching Griffith's and Avery-MacLeod-McCarty experiments. *Interdisciplinary Journal of Environmental and Science Education, 20*(4), e2421. https://doi.org/10.29333/ijese/15522

Schwartz, R. S., Lederman, N. G., & Lederman, J. S. (2008, March). *An instrument to assess views of scientific inquiry: The VOSI questionnaire* [Ponencia]. Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching, Baltimore, MD, United States.

Toma, R. B., & Jiménez, J. P. (2025). ¿Qué sabe el alumnado de educación primaria español y chileno sobre la naturaleza de la indagación científica? En P. Membiela & M. I. Cebreiros Iglesias (Eds.), *Práctica e innovación educativa en enseñanza de las ciencias* (p. 183–188). Educación Editora.

Urdanivia Alarcón, D. A., Talavera-Mendoza, F., Rucano Paucar, F. H., Cayani Caceres, K. S., & Machaca Viza, R. (2023). Science and inquiry-based teaching and learning: A systematic review. *Frontiers in Education, 8*, 1170487. https://doi.org/10.3389/feduc.2023.1170487

Zompero, A. de F., Parga Lozano, D. L., Werner da Rosa, C. T., & Vildósola Tibaud, X. (2022). Competencias científicas en los currículos de Ciencias Naturales: Estudio comparativo entre Brasil, Chile y Colombia. *Praxis & Saber*, *13*(34), e13401. https://doi.org/10.19053/22160159.v13.n34.2022.13401