https://doi.org/10.59654/mbdvex58

La experimentación en secundaria: ¿cómo formar habilidades científicas de orden superior?

Experimentation in secondary education: how to develop higher-order scientific skills?

Omar Escalona Vivas*
Instituto de Estudios Superiores de Investigación y Postgrado, Venezuela.

Víctor Bless Gutiérrez**
Universidad de Ciencias Médicas de la Habana. Facultad de Tecnología de la Salud. La Habana. Cuba.

Resumen

Este artículo analiza cómo la experimentación en educación secundaria contribuye a la formación de habilidades científicas de orden superior (HCOS): pensamiento crítico, resolución de problemas, argumentación y formulación de hipótesis. Mediante una revisión sistemática con metodología PRISMA (2016-2026) en bases como Scopus, WoS, ERIC, SciELO y Redalyc y, se identificaron siete categorías temáticas: andamiaje, enseñanza basada en estudios internacionales, resolución de problemas colaborativa, diseño-construcción-prueba (cultura maker), formación STEM/STEAM, contextualización del aprendizaje, y espacios de intercambio reflexivo. Los hallazgos revelan que la experimentación por sí sola no desarrolla automáticamente HCOS; se requiere un andamiaje docente explícito, orientación pedagógica, contextualización significativa y oportunidades de argumentación. La falta de formación docente y de infraestructura en América Latina limita este potencial.

Palabras claves: experimentación, habilidades científicas de orden superior, educación secundaria, andamiaje, revisión sistemática.

Abstract

This article analyzes how experimentation in secondary education contributes to the development of higher-order scientific skills (HOSS): critical thinking, problem solving, argumentation, and hypothesis formulation. Through a systematic review using PRISMA methodology (2016-2026) in databases such as Scopus, WoS, ERIC, SciELO and Redalyc, seven thematic categories were identified: scaffolding, teaching based on international studies, collaborative problem solving, design-build-test (maker culture), STEM/STEAM education, contextualization of learning, and reflective exchange spaces. Findings reveal that experimentation alone does not automatically develop HOSS; explicit teacher scaffolding, pedagogical guidance, meaningful contextualization, and argumentation opportunities are required. Lack of teacher training and infrastructure in Latin America limits this potential.

Keywords: experimentation, higher-order scientific skills, secondary education, scaffolding, systematic review.

Como citar este artículo (APA): Escalona, V. O. y Bless, G. V. (2026). La experimentación en secundaria: ¿cómo formar habilidades científicas de orden superior? *Revista Digital de Investigación y Postgrado*, 7 (14), 85-98. https://doi.org/10.59654/mbdvex58

BY NC SA

Introducción

Cuando se enseñan ciencias en educación secundaria se pretende formar ciudadanos capaces de comprender el mundo desde una perspectiva científica, desarrollando pensamiento crítico y habilidades para la resolución de problemas (Jiang et al. 2023). Indudablemente tal consideración plantea que la educación tiene que corresponderse con las exigencias del mundo actual como afirma la Unesco (2017) a la par de los desafíos y las aspiraciones del siglo XXI con objetivos y contenidos de aprendizaje pertinentes. En esta perspectiva, ¿cómo dejar lo que llama Furman (2016, p. 32) "la posibilidad de vivir en carne propia el proceso mismo de investigar el mundo"? La respuesta no es otra que a través de la experimentación. Las prácticas de laboratorio en ciencias naturales han sido consideradas desde hace mucho tiempo como un eje vertebrador que conecta el conocimiento teórico con la realidad empírica. ¿Pero qué papel le corresponde al docente en este giro epistémico en al aula de clase? García y Moreno (2019, p. 157) responden:

El maestro puede favorecer el proceso de aprendizaje a través de trabajos experimentales cuyo adyacente sea la observación activa, las preguntas e hipótesis, la artificialización de fenómenos naturales y la búsqueda de soluciones a situaciones cotidianas y, a su vez, el desarrollo de las habilidades científicas de descripción, argumentación, análisis, apropiación y aplicación del conocimiento científico para interpelar la realidad y transformarla; por último, comprender la ciencia como un conocimiento que se construye a partir de situaciones cotidianas sin respuestas aparentes donde los estudiantes son los protagonistas en la construcción de sus nuevas explicaciones.

Un recorrido por la literatura científica publicada permite constatar que las prácticas de laboratorio contribuyen en la formación de habilidades experimentales en los estudiantes de secundaria. Osorio (2022) y Jiang et al. (2023) mencionan que a esta edad los chicos aprenden a manipular reactivos químicos, equipos e instrumental de laboratorio, formular hipótesis, realizar experimentos para confirmarlas y medir variables relacionadas con los fenómenos estudiados.

De la misma forma, las voces de la comunidad científica argumentan los beneficios que trae consigo la experimentación en educación secundaria y como se generan aprendizajes en múltiples dimensiones. En este orden de ideas, Bretz et al. (2013) y Hakim et al. (2013, 2016) han encontrado que la realización de experimentos científicos permite la comprensión de los conceptos y contribuye a corregir ideas erróneas. Además, y afirman que las prácticas de laboratorio ayudan a lograr un aprendizaje significativo generando un ambiente motivador que despierta el interés y la curiosidad de los estudiantes por aprender y a la vez favorecen la comprensión profunda de conceptos complejos como espacio mediador (Escobar, 2016 y Pillajo et al., 2025).

No obstante, si se le considera desde el plano procedimental, convienen mencionar que los laboratorios contribuyen al desarrollo de destrezas específicas. De esta manera, el estudio de Hernández et al. (2018) sostiene que los experimentos en educación secundaria son fuente de conocimiento y un medio para confirmar hipótesis, contribuyendo al desarrollo de habilidades y hábitos experimentales.

De igual manera, la Universidad de San Pedro Sula (2017) expone que en los laboratorios existen instrumentos de medición, reactivos y otros elementos que facilitan el logro de objetivos en la búsqueda

de una concreción del conocimiento científico a través del aprendizaje por descubrimiento. Por su parte, Palacios (2016) afirma que estas prácticas aumentan las destrezas en la experimentación y fomentan el respeto al medio ambiente.

Desde una mirada reflexiva al plano actitudinal y epistémico se puede plantear como indican Gonzáles et al. (2004) que la experimentación en la enseñanza de las ciencias va más allá de facilitar la verificación de hipótesis. En tal sentido, los experimentos son, en realidad, un medio clave para promover el aprendizaje de contenidos, resolver problemas y llegar a conclusiones sólidas, imprimiendo mayor rigor científico a la enseñanza en la educación secundaria. Esto se corresponde con lo que afirma el *National Research Council* (2013, citado en Murphy et al., 2018, p. 1239) "un requiere un cambio fundamental en la pedagogía científica para fomentar conocimientos y prácticas como el conocimiento profundo y conceptual, el razonamiento basado en modelos y la argumentación oral y escrita donde se evalúa la evidencia científica".

En esta perspectiva de pensamiento, López y Tamayo (2012) insisten en considerar que los laboratorios fortalecen tanto el conocimiento conceptual como el procedimental, permitiendo profundizar en aspectos esenciales de la metodología científica y fomentando habilidades de razonamiento como el pensamiento crítico y creativo, además de actitudes como la apertura mental, la objetividad y una sana desconfianza hacia juicios no sustentados en pruebas suficientes.

Ahora bien, cabe preguntarse ¿Cuáles son las condiciones para que la experimentación ocurra? Hoy día existen tanto laboratorios físicos como virtuales que vienen a ser esenciales. De Jong et al. (2013) han expresado que en el nivel preuniversitario y universitario se suelen ofrecer experiencias científicas atractivas y estimulantes. En esta misma perspectiva, Satterthwait (2010) afirma que las experiencias prácticas en los laboratorios de ciencias juegan un papel fundamental al permitirles aprender. Ambusaidi et al. (2018) añaden que, al incorporar tecnología en estos espacios, la manera como los estudiantes aprenden ciencia cambia notablemente. Bazán y Díaz (2021, p. 18) sintetizan esta idea al afirmar que los laboratorios hacen posible "la resolución de problemas, partiendo de sus experiencias reales, y hace posible el perfeccionamiento de las habilidades científicas escolares".

Sin embargo, a pesar de que existe un consenso teórico entre los investigadores, es innegable que en Venezuela y algunos países muchas instituciones tienen obstáculos significativos para su implementación. Así, por ejemplo, hay centros educativos donde no es posible realizar experimentos debido a que no se cuenta con laboratorios dotados. Estudios como los de Torres y Ayuso (2025, p. 22), realizados en República Dominicana indican que:

> Un 50 % de los estudiantes de centros públicos y un 52 % de centros de convenio afirman que tienen niveles de dominio bajos o muy bajos en cuanto a evaluar y diseñar experimentos. Asimismo, el 73 % de los estudiantes de centros públicos y el 70 % de los centros de convenio señalan que solo algunas veces o nunca se realizan experimentos en el aula. Así también, el 53 % de los estudiantes de centros públicos y el 44 % de los centros de convenio señalan que solo algunas veces o nunca se usa el método científico en las clases.

Igual situación se ha encontrado en Colombia donde a pesar de que se ha realizado inversión aún

persisten falta de lineamientos claro. Ortiz y Cervantes (2015, p. 16) responsabilizan al Estado de "no se ven políticas que definan, regulen, apoyen y aseguren el desarrollo general de habilidades científicas en la población infantil desde su ingreso al sistema formal de educación". Tal hecho no ha permitido una generalización de los programas y propuestas que se han presentado, aunque ha realizado inversión en recursos.

En el caso de Ecuador, también se plantea "la necesidad de programas de capacitación que permitan promover la participación del profesor de Ciencias Naturales como guía en la preparación del alumno hacia un ser más independiente en la búsqueda y asimilación de conocimientos científicos a través de la experimentación" (Ramírez, 2023, p. 637).

Paradójicamente, ocurre lo contrario: hay instalaciones, pero los docentes no desarrollan prácticas de laboratorio, con ello privan a los estudiantes de la oportunidad de validar sus hipótesis, refinar sus habilidades de observación y análisis, y aprender de sus propios errores; aspectos todos ellos relevantes para el desarrollo de competencias científicas (Osorio, 2022).

A pesar de ello, el problema no solo es de infraestructura y dotación de los laboratorios. Existen docentes que asumen prácticas docentes que van en detrimento de un aprendizaje significativo, otorgando mayor importancia a la lectura de libros o materiales didácticos que a situaciones donde el estudiante se apropie del conocimiento por la vía de la experimentación. En este sentido, Ramírez (2023, p. 634) afirma que en estos docentes "hay una predominancia sobre desarrollo de contenidos, conocimientos y términos por encima de las actividades experienciales". Coincidiendo con ello, otros investigadores han mencionado que, los docentes implementan pocas actividades en el aula donde los estudiantes participen en una argumentación auténtica dentro del aula de ciencias (Sampson & Blanchard, 2012; Knight-Bardsley & McNeill, 2016).

Esta conducta, está basada en un rol tradicional y un aprendizaje memorístico centrado en la repetición sin posibilidad de reconstrucción del conocimiento y sin favorecer el aprendizaje de las ciencias naturales (Muñoz y Charro, 2023). Como consecuencia de ello, las clases muchas veces caen en el aburrimiento, un rol pasivo del estudiante sin despertar interés en el estudiante ni propiciar la utilidad en la vida cotidiana de lo que se aprende (Sanmartí y Márquez, 2017).

Estas conductas de los docentes dejan de lado razonamientos científicos de orden superior como la trasferencia, la heurística y la argumentación, dimensiones cognitivas del aprendizaje según la taxonomía propuesta por Bloom, et al. (1956) y revisadas por Anderson y Krathwohl (2001) y Gallardo et al. (2010).

También suele suceder que algunos docentes plantean preguntas a los estudiantes en lugar de dejar que ellos sean quienes se las hagan al profesor. Tal situación es contraria a lo que sugieren los expertos (Martin-Hansen, 2002). Pero, esta indagación en el aula suele ser de un nivel bajo (Fay et al., 2007; Tamir y García, 1992). Además, el mismo docente termina dando respuesta basado en contenidos, razón por la cual la pregunta no es investigable porque es una indagación estructurada y no es indagación verdadera (Ferrés, 2017). Aun cuando los currículos constructivistas sugieren que los contenidos sean instrumentos que permitan plantear una hipótesis que oriente el proceso de investigación (Domènech, 2014). Hecho nada fácil de lograr por el profesor. Lombard

y Schneider (2013) afirman que la elaboración de preguntas es un proceso interactivo entre alumno y profesor, e iterativo, que conduce de la vaguedad hasta la complejidad y adecuación, y que necesita tiempo.

De acuerdo con lo expuesto la experimentación es un componente ineludible en la formación científica del estudiante de educación secundaria. Sin embargo, al realizar una observación más profunda acerca de la naturaleza de los aprendizajes que suelen derivarse del desarrollo de actividades experimentales en las prácticas de laboratorio, emerge una distinción fundamental. Mientras que la adquisición de habilidades básicas —como seguir un protocolo o un conjunto de pasos para realizar un experimento en biología, física o química y medir una variable o manipular un reactivo— durante la práctica de laboratorio, aparece de forma automática el desarrollo de las denominadas Habilidades Científicas de Orden Superior (HCOS) y ello se presenta un panorama menos claro desde el punto de vista epistemológico.

Mientras algunos estudios centran su atención en las habilidades básicas se descuida otros aspectos de orden superior. Al respecto, conviene mencionar que Coronado (2024) y Hernández et al. (2018) describen los experimentos como espacios donde los estudiantes confirman hipótesis y desarrollan hábitos. Sin embargo, tal caracterización podría estar omitiendo el proceso cognitivo profundo.

Cuando los estudiantes realizan experimentos en el laboratorio de ciencias naturales siguen cuidadosamente los pasos que corresponden a esa marcha analítica de la experiencia lo cual implica la planificación previa del experimento, el diseño, la selección de los materiales y equipos necesarios, así como las normas de seguridad a seguir con ello se evidencia la capacidad que tiene el estudiante para resolver problemas y aprender conceptos científicos validados en su contexto (Coronado, 2024).

Pese a lo anterior, realizar una experiencia de laboratorio es como sostienen Silva y Cáceres (2024) una manera de acercarse al saber científico, pero conviene preguntarse: ¿si la confirmación de una hipótesis es un acto mecánico de verificación o implica un verdadero ejercicio de contrastación y reflexión? Asimismo, ¿el diseño de un experimento emerge de la iniciativa y el razonamiento del estudiante o es guiado paso a paso por el docente solo para confirmar lo que ya se sabe en lugar de plantear nuevas perspectivas e hipótesis científicas según el interés del estudiante?

Indudablemente, que tales cuestionamientos planteados tienen mayor importancia si se considera que es lo que se entiende por habilidades científicas complejas. Investigadores como Faicán y Manzano (2024) que "el pensamiento crítico, resolución de problemas, habilidades cognitivas y de comunicación, capacidad para formular hipótesis, experimentación e interpretación" (p. 100) corresponden al núcleo de una competencia científica auténtica y que esta no suele desarrollarse de forma automáticamente con solo realizar actividades experimentales.

Además, podría considerarse que, en muchas aulas de educación secundaria, las experiencias realizadas en los laboratorios de ciencias naturales sean más bien actividades meramente procedimentales sin intencionalidad formativa en vez de ser motivadoras y útiles para ilustrar conceptos que desafíen a los estudiantes a pensar como científicos. Como lo ha expuesto Ramírez (2023), cuando prevalece un enfoque tradicional centrado en la repetición y el contenido, incluso las prácticas de laboratorio

pueden ser empleadas para seguir una lógica de memorización o de simple verificación, desaprovechando su potencial epistémico.

A pesar de que existe una gran cantidad de literatura publicada con relación al papel de la experimentación en la formación de las habilidades básicas en los estudiantes, todavía existe un vacío significativo en la comprensión de aquellos mecanismos propios que establecen un vínculo de las actividades experimentales o prácticas de laboratorio y el desarrollo de las HCOS en estudiantes de secundaria. Sin exagerar, algunos estudios apuntan a discernir lo que se aprende en el laboratorio, pero no dirigen su atención a cómo se produce ese aprendizaje complejo en los estudiantes. Es de mencionar que tal distinción es de suma importancia al momento de elaborar los diseños curriculares, desarrollar planes de capacitación y formación docentes en ciencias naturales y plantear estrategias didácticas que pueden emplearse en la enseñanza de las ciencias naturales a los chicos en las instituciones educativas.

En tal sentido, el presente artículo tiene como punto cardinal la siguiente interrogante científica: ¿De qué manera la experimentación, cuando se realiza en el contexto de la educación secundaria, contribuye realmente a la formación de habilidades científicas de orden superior? La bitácora por seguir tiene como centro de operaciones una revisión sistemática de la literatura publicada entre 2016-2026, se busca analizar los factores pedagógicos, contextuales y epistemológicos que determinan si una práctica de laboratorio se convierte en un mero ejercicio procedimental o en una auténtica experiencia de indagación que desarrolle el pensamiento científico de los estudiantes.

Metodología

En la investigación se realizó una revisión sistemática de la literatura siguiendo los lineamientos de la declaración PRISMA 2020 (Page et al., 2021). La pregunta de investigación que guio la revisión fue: ¿De qué manera la experimentación en educación secundaria contribuye a la formación de habilidades científicas de orden superior (HCOS)?

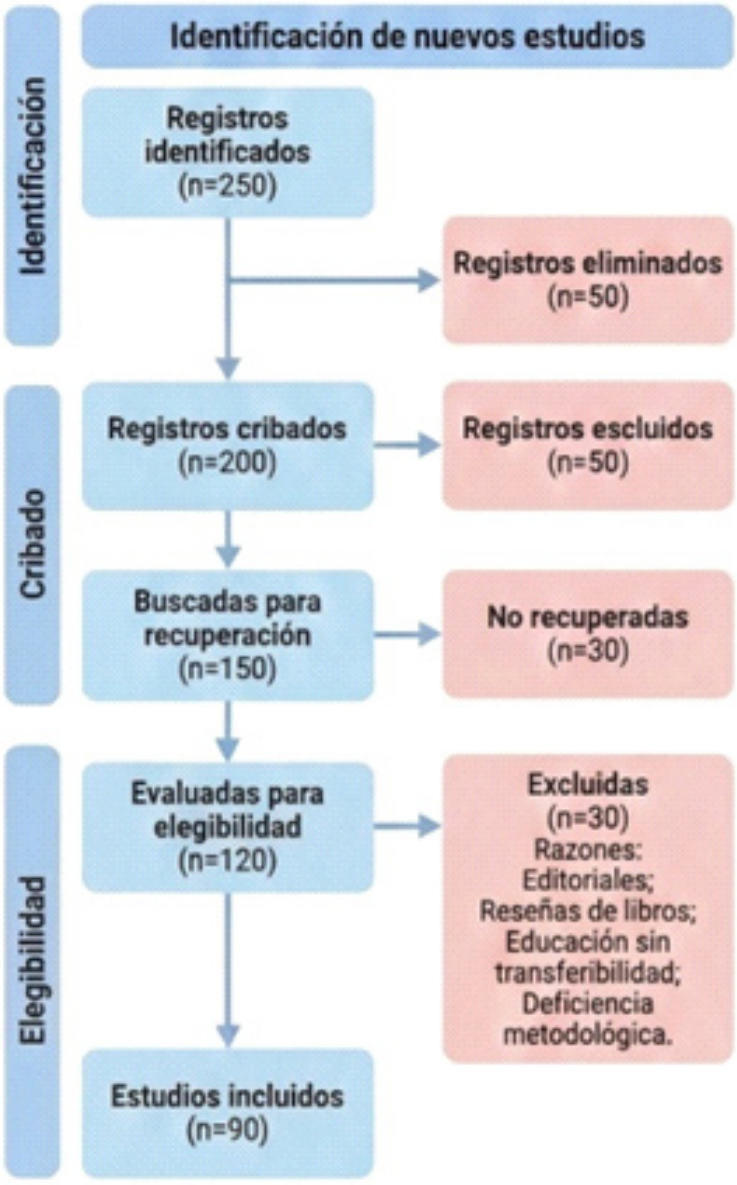
Estrategia de búsqueda. Se elaboraron ecuaciones de búsqueda en inglés y español combinando términos clave con operadores booleanos (AND, OR) y comodines (*). Los conceptos principales fueron: (a) población/contexto: educación secundaria; (b) intervención/fenómeno: experimentación o prácticas de laboratorio; (c) resultado: habilidades científicas de orden superior (pensamiento crítico, resolución de problemas, formulación de hipótesis, argumentación, indagación). Las ecuaciones se aplicaron en las bases de datos *Scopus*, *Web of Science*, *ERIC*, *SciELO y Redalyc*, cubriendo el período 2016-2026.

Criterios de inclusión y exclusión. Se incluyeron artículos empíricos (cualitativos, cuantitativos o mixtos), revisiones sistemáticas y ensayos controlados, publicados en inglés o español, que abordaran la experimentación en secundaria y su relación con HCOS. Se excluyeron editoriales, reseñas de libros, estudios centrados exclusivamente en educación primaria o universitaria sin transferibilidad explícita, y aquellos que no presentaran datos originales o síntesis metodológicamente explícita.

Proceso de selección y extracción de datos. Dos revisores examinaron de forma independiente títulos y resúmenes (fase 1), luego textos completos (fase 2). Los desacuerdos se resolvieron por consenso. De cada estudio incluido se extrajeron: autor(es), año, país, nivel educativo, diseño de investigación, tipo de experimentación (física, virtual, mixta), HCOS evaluadas, principales hallazgos y limitaciones. La calidad metodológica se evaluó mediante la herramienta MMAT (*Mixed Methods Appraisal Tool*) versión 2018.

Síntesis de los resultados. Para la síntesis de los resultados se realizó un análisis temático siguiendo las fases de Braun y Clarke (2006). Un total de 250 estudios cumplieron los criterios de inclusión y fueron sometidos al análisis temático. Los temas emergentes se presentan en la sección de resultados.

Diagrama PRISMA: Proceso de selección de estudios



CC BY NC SA

Resultados y discusión

Categoría 1: Andamiaje (o scaffolding) en el aprendizaje de la investigación

En la comunidad de investigadores el *scaffolding* es un constructo de singular importancia a la hora plantear inquietudes científicas. No se trata de ofrecer respuestas inmediatas, sino de ofrecer los medios para la construcción autónoma del conocimiento. Desde nuestra perspectiva planteamos un ejemplo ilustrativo, en un experimento de biología sobre fotosíntesis el profesor puede modelar el pensamiento y actuar como un espejo de razonamiento provocando la duda:

> *Observo que salen burbujas saliendo de la rama de Elodea a través del tubo de ensayo que está en la cubeta con agua. ¿Qué sucederá si acerco más la lámpara a la cubeta de vidrio?*
>
> *También el docente puede buscar que el estudiante conecte variables: ¿Si el oxígeno es producto de la fotosíntesis, entonces la velocidad con que se producen estas burbujas indica la velocidad de producción en la planta?*

Igualmente, puede el docente sugerir la medición: ¿Chicos cómo creen uds que es la luz y no el calor de la lámpara lo que controla el resultado? ¿Qué creen uds que podemos dejar fijo?

Asimismo, el docente puede emplear otra variante común como "hacer y luego reflexionar sobre lo sucedido" (Strat et al. 2023). En este tipo de experiencia, el estudiante trabaja de forma colaborativa y de manera activa. Se ha encontrado que bajo esta metodología se logran conocimientos en los estudiantes, así como habilidades clave. No obstante, lo esencial es el apoyo motivacional que brinde el profesor al estudiante para lograr la experiencia. Los estudios indican que existe una correlación positiva entre el apoyo motivacional del docente y las expresiones de motivación de los estudiantes (Adler et al., 2018). Aunque también, Zhang y Cobern (2020) han mencionado que es importante poner el contenido científico a disposición de los alumnos. La razón es no siempre es fácil para los estudiantes desarrollar actividades basadas en la investigación sin que estén vinculadas a conceptos científicos (Rönnebeck et al, 2016).

Categoría 2. Enseñanza científica desde los resultados de estudios internacionales

Diversas publicaciones mencionan que en muchos sistemas educativos se defiende la instrucción científica con énfasis en la investigación, pero los estudios basados en evaluaciones internacionales a gran escala a menudo muestran que la investigación está asociada negativamente con el logro. Aditomo & Klieme (2020) muestran una asociación positiva de la investigación entre los resultados y la orientación docente. El estudio con 151.721 estudiantes indica los análisis factoriales confirmatorios de múltiples grupos y además confirman que no se puede establecer la invariancia de medición, lo que sugiere una variación regional sustancial en el patrón de instrucción basada en la investigación.

Igualmente, señalan Aditomo & Klieme (2020) que a nivel conceptual muchas regiones exhiben un patrón contrastable entre 'Investigación guiada' y 'Investigación independiente'. La investigación se asocia positivamente con los resultados cuando incorpora la orientación docente y negativamente cuando no. Sin embargo, la fuerza de las asociaciones positivas es más fuerte en las regiones donde la investigación guiada se mide con menos ítems que se refieren a actividades centradas en los estudiantes. Tales resultados se corresponden con lo que plantean las teorías actuales sobre el papel

BY NC SA

del andamiaje en el aprendizaje de la investigación.

Otras investigaciones internacionales revelan que en la enseñanza de las ciencias experimentales un aspecto fundamental a considerar es la formación didáctica del profesorado. En esta perspectiva Ríos (2021) plantean la necesidad de considerar la realidad onto-epistemológica y gnoseológica de la ciencia a enseñar sin descuidar la articulación con la Filosofía de la Ciencia y Metodología desde el realismo ético (Quijano et al. 2022). Desde las dos últimas décadas del siglo XX ocurrió un giro epistemológico en la didáctica de la ciencia y se pasó de un positivismo a considerar como el profesorado debe asumir posiciones ante fenómenos de la realidad, es decir, ver las repercusiones sobre la incidencia de la investigación científica en los mismos y tomar decisiones "sociocientíficas" al respecto (Adúriz y Ariza, 2012). Los planteamientos realizados representan ir de un procedimientos lógico-positivistas a un humanismo cívico (De Hoyos 2020).

La situación planteada abre paso a la necesidad (y a la vez dificultad) para que la filosofía de la ciencia y las metaciencias junto con las ciencias experimentales dejen a un lado esa desconfianza entre ellas porque se pierde algo fundamental cuando se ignora a la otra. En tal sentido es necesario la colaboración entre científicos de las metaciencias y las ciencias de objeto de acciones disciplinares. No obstante, tal acercamiento no resulta fácil de lograr. Por una parte, hay filósofos que menosprecian el trabajo de laboratorio. Para ellos no resulta importante saber lo que estudian los científicos o la manera como lo hacen. De allí que esa praxis científica no es relevante. Quizás por esta razón es por la que, su proceso eidético es solamente mental, con un grado de abstracción cuya base son las ideas y las teorías construidas están fuera de una conexión con la realidad empírica.

Del otro lado, están los científicos de las ciencias experimentales que le restan importancia a los beneficios que representa la filosofía en un contexto donde domina la hiperespecialización. Ahora bien, desde nuestro punto de vista el problema que trae para los profesores de ciencias experimentales es parcializarse a uno de esos extremos descritos. Por lo tanto, el reto para los profesores de educación secundaria en ciencias naturales no esta en elegir entre métodos de investigación guiados o independientes, sino también superar la falsa dicotomía entre la filosofía y la práctica científica.

Lógicamente, es necesario pensar en la formación de competencias científicas de orden superior como el pensamiento crítico, la modelización o la argumentación. Para ello se requiere partir de un enfoque integrador donde se combine el rigor experimental con la reflexión epistemológica. En otros términos, los profesores deben estar en capacidad de diseñar experiencias de aprendizaje donde los estudiantes no solo manipulen variables, sino que también cuestionen la naturaleza del conocimiento científico, sus métodos y sus implicaciones sociales. Solo así se podrá avanzar hacia una educación científica que forme ciudadanos capaces de participar en debates sociocientíficos con una comprensión profunda y contextualizada de la ciencia.

Categoría 3. Resolución de problemas desde experiencias individuales colaborativas

Existen distintas investigaciones que plantean que la competencia de resolver problemas tiene gran importancia tanto en lo académico como laboral. De hecho, una pregunta recurrente en las clases de ciencias naturales desde nuestra experiencia con los chicos de secundaria y hasta en la misma universidad son estas dos preguntas ¿Y ese contenido para que nos sirve en la vida real? ¿Qué utilidad tiene en las cosas que hacemos en nuestras vidas? Estas dos preguntas siempre desequilibran las planificaciones de

BY NC SA

las unidades didácticas de los docentes y generan en algunos casos respuestas poco satisfactorias para los chicos y para los docentes una mirada crítica al currículo que le ofrecen los ministerios de educación.

Los jóvenes siempre establecen conexiones de ese conocimiento con su mundo de la vida. Sin embargo, los contenidos están fragmentados y explicados desde la mirada de las disciplinas. Los docentes rara vez contextualizan y poca importancia le dan al cuestionamiento e implicaciones que tienen los contenidos. Aunque los fundamentos epistemológicos de los diseños curriculares contienen aspectos sobre el aprendizaje significativo y el constructivismo en el aula estos aspectos quedan en el documento oficial y asumen el rol de transmisión y reproducción del conocimiento como eje central dejando de lado la mirada crítica y la participación de los estudiantes y convirtiéndolos en entes pasivos de su proceso de aprendizaje.

Este escenario descrito sugiere la necesidad de cambio. En los Estados Unidos se ha planteado que un programa de excelencia requiere "una enseñanza eficaz que involucre a los estudiantes en su aprendizaje significativo mediante experiencia individuales y colaborativas" (National Council of Teachers of Mathematics, 2014 citado por Koskinen & Pitkäniemi (2022, p. 2). El hecho de aislar el conocimiento solo al ámbito de la ciencia hace que el estudiante no comprenda la relación que este tiene con su mundo de la vida y menos que desarrolle la competencia de razonamiento. Cruz (2021, p. 55) expone que "los docentes deben ser capaces de crear prácticas innovadoras en la enseñanza". Igualmente, Cruz y Cabero (2020) sugieren que una las vías para lograr este aprendizaje significativo es la resolución de problemas. A través de ello se implementa la creatividad en el aprendizaje de una forma activa, personalizada y dinámica. Pero no solamente eso, los estudiantes también se convierten en agentes activos de aprendizaje, toman decisiones y dejan de ser entes reproductores de conocimientos.

Ahora bien, ¿Qué es lo que se debe hacer para implementar una enseñanza fundamentada en la resolución de problemas de forma efectiva en ciencias naturales? Desde nuestra consideración creemos que una forma sería prestar atención a los que sugieren ciertos documentos como el Programa Internacional de Evaluación de los Alumnos (PISA). Una revisión de este de este documento nos permite hacer algunas consideraciones importantes con respecto a la enseñanza de las ciencias.

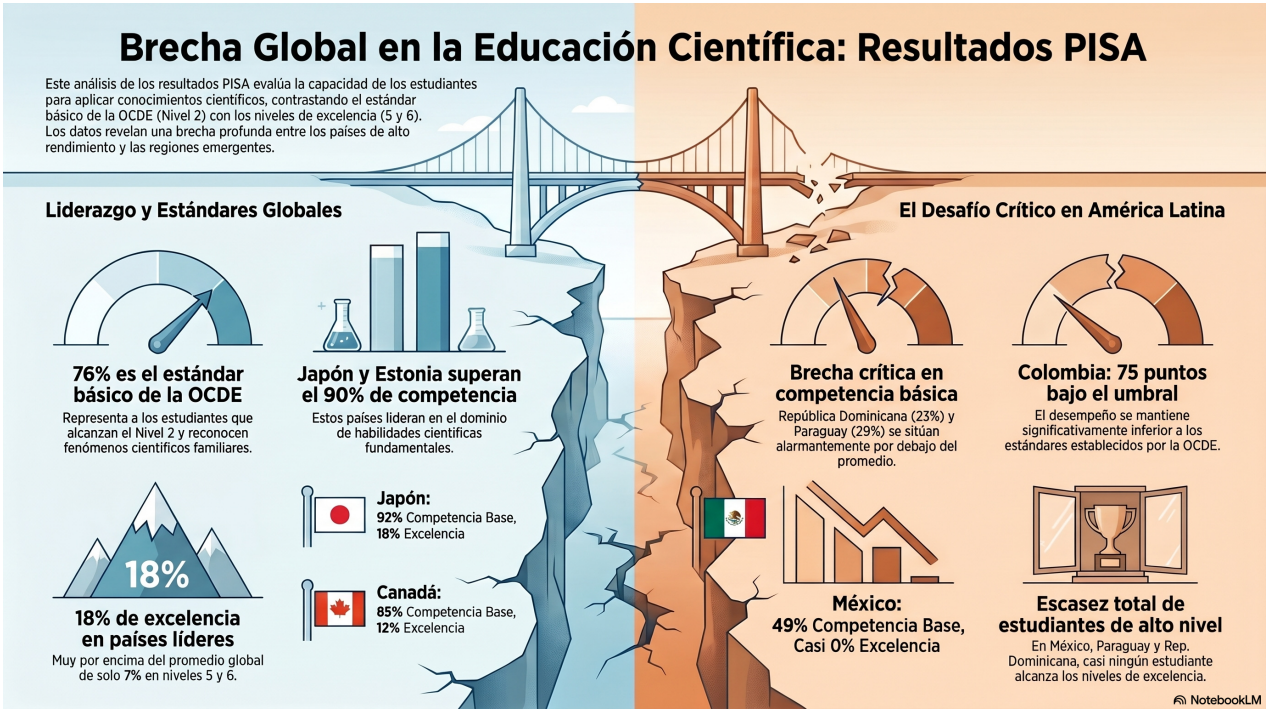
En el nivel 2, es decir, donde los estudiantes son capaces de reconocer la explicación correcta de fenómenos científicos familiares y pueden utilizar dicho conocimiento para identificar, en casos simples, si una conclusión es válida en función de los datos proporcionados; nos encontramos que es muy preocupante la situación en países como Colombia que se ubica entre los de más bajo desempeño, alrededor de 75 puntos por debajo del umbral establecido por la OCDE (2019), Argentina solo tiene el 46% de sus estudiantes, Brasil 45%, República Dominicana 23%, México 49%, Perú 47%, Panamá 38%, Paraguay 29%, con respecto al 76% que tiene en promedio la OCDE. Si embargo. Turquía tiene 75%, Estados Unidos78%, Vietnam 79%, Canada 85%, Korea 86%, Estonia, 90% y Japón 92%.

Ahora bien, en lo que respecta a los niveles 5 o 6 donde los estudiantes pueden aplicar de forma creativa y autónoma sus conocimientos de y sobre la ciencia a una amplia variedad de situaciones, incluidas otras desconocidas; el promedio de la OCDE es 7%, Brasil, Panamá y Perú solo alcanzan el 1%, Colombia no aparece reflejado, Chile 2%, República Dominicana, México, Paraguay, casi ningún estudiante obtuvo los mejores resultados en ciencias. La siguiente infografía nos permite ilustrar lo que planteamos.

CC BY NC SA

Figura 1

Resultados de PISA



Nota. Elaborado en NotebookLM en función a datos de Lerma et al (2023), OECDE (2018, 2023) y PISA 2022. Infografía basada en los resultados PISA 2022. Los datos son universales y la infografía está en español, pero su comprensión es inmediata: el 76 % de los estudiantes globales alcanzan el nivel 2 (competencia básica); solo el 7 % alcanzan los niveles 5 o 6 (excelencia). Japón: 92 % (nivel 2+) y 18 % (excelencia); Canadá: 85 % y 12 %; México: 49 % y 0 %; Colombia: 75 puntos por debajo del umbral de la OCDE; República Dominicana: 23 %; Paraguay: 29 %.

Categoría 4. Diseñar, hacer y probar como giro hacia el aprendizaje activo y la materialización del conocimiento

Uno de los aspectos importantes que ocurren en la enseñanza de las ciencias naturales es propiciar la oportunidad para Diseñar, hacer y probar. Esto implica superar la observación o verificación de hipótesis y recorrer el proceso de construcción del conocimiento. Este principio tiene su raíz en la cultura maker y en las metodologías activas STEM. Lidueña y Alcocer (2025, p. 311) argumentan que la cultura maker se centra en la creatividad, "la colaboración y la resolución de problemas reales, no solo mejoran el rendimiento académico, sino que también y promueve la equidad educativa y el desarrollo de competencias esenciales para el siglo XXI".

Lógicamente, estas habilidades científicas son de orden superior y entre ellas pueden mencionarse la creatividad, la resolución de problemas complejos y el pensamiento crítico porque los estudiantes son arquitectos de su propio experimento o diseño. Dejar que la praxis docente transcurra de esta forma significa pasar de una práctica de laboratorio estructurada que muchas veces se desarrolla siguiendo una marcha analítica y registrando en un manual o guía de laboratorio cada experiencia, es decir, solo seguir el guion predefinido. No obstante, "diseñar, hacer y probar" implica un ciclo iterativo de ideación, construcción, error, reflexión y rediseño.

Domínguez (2023) afirma que la cultura maker parte de la idea que se formaliza "hazlo tú mismo" y "hazlo con otros". Epistemológicamente, el conocimiento se ve entonces como una construcción de allí se vincule al construccionismo, una teoría de aprendizaje propuesta por Seymour Papert. Ahora bien, en este proceso de construcción colectiva intervienen las redes sociales reales o virtuales para compartir el conocimiento creado. La mayor parte de las personas suelen acceder a estas redes donde encuentran apoyo u orientación. Lo interesante, es que posteriormente el conocimiento creado se deja de manera abierta para que sea accesible a otras personas y se puedan encontrar mejores soluciones (Domínguez, 2021). Morales y Dutrénit (2017) sintetiza el diciendo que el movimiento Maker esta involucrado en los procesos de generación, transferencia y uso del conocimiento.

Precisamente, un estudio que materializa esta filosofía de la cultura maker ha sido realizado por Zulfa y Adam (2025) en Indonesia con estudiantes de educación secundaria donde implementaron el Project-Based Learning integrado con STEM (PjBL-STEM) a través de la enseñanza de química, en los contenidos de electroquímica. Estos investigadores los mejoraron los resultados de aprendizaje y desarrollaron de Habilidades de Pensamiento de Orden Superior (análisis, síntesis y evaluar, pasos cognitivos clave que los llevaron a una comprensión holística). Más allá de los experimentos diseñaron y completaron proyectos auténticos, donde el "hacer" fue guiado por una pregunta o problema real que permitió la integración de la ingeniería y la tecnología en el diseño experimental como un vehículo poderoso para el pensamiento complejo. Con este proyecto se dejó claro que no se necesita contar un laboratorio costos y especializado, sino que cuando se diseña se puede reconfigurar los objetos familiares con propósitos científicos. Este hecho permite a los estudiantes comprender conceptos y principios físicos con mayor profundidad que un aparato o equipo de laboratorio no lo permitiría.

En la misma perspectiva, recientemente en la Universidad de Malaya integraron el diseño con la acción, pero desde la innovación social y accesibilidad en el proyecto *Toying with Science*. A través de la experiencia los estudiantes participaron en la cocreación de módulos de aprendizaje. Finalmente, la estrategia empleada permitió despertar el interés por las disciplinas STEM, y facilitó la asimilación de habilidades transferibles esenciales como la perseverancia, el pensamiento crítico, la creatividad y el trabajo en equipo (Universiti Malaya, 2025).

En la línea de discusión planteada también la dimensión tecnológica ofrece nuevas posibilidades en el ciclo de "diseñar, hacer y probar" sobre todo si los recursos físicos son limitados. Investigaciones realizadas en Nigeria mencionan el impacto de los laboratorios virtuales en biología, química y física en estudiantes de secundaria. Los resultados confirman diferencias significativas en las habilidades de resolución de problemas entre estudiantes que utilizaron simulaciones virtuales con respecto a los que recibieron enseñanza tradicional (St. Clair, et al. 2024). Asimismo, los estudiantes son capaces de modificar variables, diseñar nuevos parámetros y probar hipótesis en entornos simulados de manera iterativa, desarrollando la capacidad de razonamiento científico sin la barrera de la disponibilidad de insumos físicos. Sin embargo, la experiencia táctil no debe ser sustituida por completo, sino que es más bien complementaria. Igualmente, es necesario un andamiaje que les oriente el pensamiento en los estudiantes.

Categoría 5. La formación en STEM o STEAM

En esta categoría de acuerdo con las investigaciones encontradas nos centramos en las estrategias didácticas y entornos tecnológicos para el desarrollo de HCOS. Estas estrategias vienen a ser de andamiaje y mediación tecnológica y permiten lograr una experimentación reflexiva de orden superior,

es decir, se va más allá de la experimentación procedimental o manipulación de instrumentos basada en recetas (St. Clair et al. 2024).

En el caso de países donde se tiene una infraestructura física limitada como ya se ha mencionado en párrafos anteriores, también en casos de que existan brechas en la formación docente como es el caso de Colombia y Ecuador es necesario un giro epistemológico en la enseñanza de las ciencias naturales o en situaciones como lo que se vivió con la pandemia COVID-19 donde los estudiantes no podían asistir a sus clases y se implementaron laboratorios virtuales (Gamage et al., 2020) no hay que pensar que son un sustituto sino más bien un entorno valioso para el modelado científico y el razonamiento basado en evidencias (Solbes et al., 2025).

Por su parte, Meronda et al. (2025, p. 2020) sostienen que: "Los laboratorios virtuales han surgido como una innovación significativa en la educación científica, enriqueciendo las experiencias de aprendizaje, profundizando la comprensión conceptual y proporcionando un acceso más flexible y seguro a los experimentos". Es importante mencionar, que estas herramientas tecnológicas permiten que el estudiante se concentre en la argumentación científica y en la toma de decisiones críticas en el caso de datos inesperados, habilidades que definen al ciudadano alfabetizado científicamente en el siglo XXI.

Raman et al. (2022) y Zhang et al. (2024) mencionan que estos laboratorios son soluciones efectivas para los desafíos del aprendizaje moderno. En tanto que para Chen y Wang (2023) sostienen que fomentan la motivación, el entusiasmo y la creatividad entre los estudiantes. Bazie et al. (2024) al referirse a los laboratorios virtuales afirman que en los cursos prácticos de química ofrecen simulaciones electrónicas que replican experiencias de laboratorio reales.

Recientes estudios confirman que en los actuales momentos existe una transición de los modos tradicionales a los modos en línea, facilitada por simulaciones interactivas (Vo & Simmie, 2025). De esta manera, el reto del profesorado estriba en transformar el laboratorio en un espacio de indagación explícita, donde el error y la resistencia de los materiales sean el motor del pensamiento crítico y no un obstáculo para el aprendizaje.

Desde nuestra perspectiva consideramos es necesario capacitar a los estudiantes para evaluar la validez de las afirmaciones. El laboratorio de secundaria es el lugar ideal para practicar esta alfabetización científica mediática. Con el diseño de sus propios experimentos, los alumnos aprenden a identificar sesgos, a controlar variables y a comprender que la ciencia no ofrece verdades absolutas, sino conclusiones respaldadas por pruebas. Este proceso eleva la actividad de una habilidad de bajo orden (memorización de pasos) a una de orden superior (evaluación y síntesis). El obstáculo epistemológico mayor que suele presentarse en educación secundaria que algunos docentes están muy cómodos con laboratorios de confirmación (donde el resultado ya se conoce), pero sienten temor a la incertidumbre de un laboratorio abierto basado en problemas.

Categoría 6. La contextualización del aprendizaje.

Hace algunos años en Hong Kong a pesar de ser pionero en los resultados de PISA se dieron varias

reformas curriculares porque como lo expreso Kwok (2018, p. 533) "Nuestros estudiantes tienen éxito en los exámenes, pero no saben hasta qué punto la ciencia y las matemáticas son relevantes para sus vidas". Esta expresión conduce a una reflexión de gran valor y es cómo plantear el desarrollo del aprendizaje significativo y accesible a todos los estudiantes, especialmente en la educación secundaria. La vía no es otra que la contextualización del aprendizaje.

Al respecto, Hüfner et al. (2025, p. 1) sostienen que "La educación científica basada en el contexto (CBSE) ha desempeñado un papel central en la reorientación de la alfabetización científica para todos los estudiantes". Ahora bien, la idea de usar el contexto como punto de apoyo para el fin pedagógico considera que los contenidos están conectados con fenómenos cotidianos, problemas sociales y las experiencias previas de los estudiantes.

En este orden de ideas, Fayzullina et al., (2023, p. 2) afirman que "el aprendizaje basado en contexto se ha convertido en una estrategia educativa de vanguardia que busca cerrar la brecha entre los conceptos científicos teóricos y sus aplicaciones en el mundo real". Además, el aprendizaje basado en contexto es ampliamente valorado para la educación en la comunidad científica (Sevian et al., 2018). Igualmente, los estudios indican que, el contexto como entorno de aprendizaje y construcción social se sostiene por interacciones continuas (AlabdulRazzak et al., 2018).

En la enseñanza de las ciencias el aprendizaje basado en contexto es reconocido como un método prometedor (Nagarajan & Overton, 2019). Pero, más allá de ello, se habla de los currículos de ciencias basados en contexto (Fensham, 2009). En este sentido, la contextualización hace posible que los contenidos dejen de ser complejos y se conviertan en un puente entre el aprendizaje escolar y la vida real, lógicamente que esto despierta el el interés de los estudiantes y facilita la comprensión de la ciencia (Aydın-Ceran, 2021).

En este sistema se empieza con contexto sociocultural que es familiar para el estudiante, cada concepto se enseña desde allí pero realmente la eficacia del proceso se refleja cuando el estudiante es capaz de asociar los conceptos enseñados con otros contextos más complejos (Aydin-Ceran, 2018; DeGirolamo et al., 2024). Esta situación hace que surja una "necesidad de saber" para explicar los fenómenos científicos que se estudian. Por esta razón se requiere saber conceptos los conceptos y principios subyacentes para aclarar las preguntas desencadenadas por el contexto. Tal hecho genera en los estudiantes se involucren en su propio proceso de aprendizaje (Vogelzang & Admiraal, 2017). Los estudios muestran que los estudiantes conectan el conocimiento académico con la vida cotidiana a través de aplicaciones prácticas (Demelash et al., 2024).

En el caso de estudiantes de educación secundaria, desde nuestra consideración disciplinar, tanto la biología como la física y la química se presentan como unos dominios fértiles para el aprendizaje basado en contextos debido a que existen muchos fenómenos del mundo real que tienen conexión con los contenidos que traen los diseños curriculares. Por ejemplo, en biología se puede contextualizar la realización de experimentos de laboratorio con problemáticas como la resistencia a los antibióticos, la biodiversidad del entorno cercano donde viven los estudiantes. También se pueden considerar los cambios que ocurren en los ecosistemas locales; esto serviría para que los estudiantes formulen hipótesis basadas en observaciones auténticas, diseñen pequeños muestreos y argumenten utilizando evidencias ecológicas y fisiológicas. En lo que respecta a física, se pueden trabajar con contextos

BY NC SA

como la eficiencia energética en el hogar, la seguridad vial. Asimismo, se pueden realizar diseños de dispositivos tecnológicos simples transforma la medición de variables y la aplicación de leyes físicas en un ejercicio de modelización y toma de decisiones fundamentadas.

De manera similar, en química, es posible hacer la contextualización a través del análisis de la calidad del agua, la composición de alimentos o los procesos de reciclaje esto impulsa a los estudiantes a conectar conceptos abstractos con prácticas de indagación que exigen pensamiento crítico y creatividad. En todos los casos, la contextualización no se agota en una anécdota inicial; su potencial formativo se despliega cuando se convierte en el eje estructurador de toda la secuencia didáctica, promoviendo procesos de indagación que exigen no solo la aplicación de procedimientos, sino también la formulación de preguntas pertinentes, la evaluación de evidencias y la construcción de argumentos con base científica.

Precisamente, son estas últimas las que constituyen el núcleo de las HCOS. Por tanto, la contextualización no es un adorno pedagógico, en su lugar es un andamiaje epistémico que dota de sentido a la práctica experimental y moviliza procesos cognitivos complejos, imprescindibles para formar ciudadanos capaces de intervenir críticamente en su realidad. Así desde una perspectiva teórica, el aprendizaje situado constituye uno de los marcos que fundamentan la contextualización. Ojo (2025), al investigar la enseñanza de conceptos de genética en educación secundaria en Nigeria, empleó esta teoría para demostrar que cuando los contenidos científicos se abordan en contextos auténticos y vinculados a controversias sociocientíficas (como la clonación reproductiva o la modificación genética), los estudiantes desarrollan actitudes más positivas hacia conceptos que tradicionalmente resultan abstractos o distantes.

Categoría 7. La necesidad de ofrecer espacios de intercambio y reflexión para visibilizar el pensamiento.

La necesidad de ofrecer espacios de intercambio y reflexión para visibilizar el pensamiento constituye una categoría fundamental en la formación de HCOS en la educación secundaria. Como señalan García y Moreno (2019, p. 149) es prioritario "implementar prácticas experimentales en el aula, especialmente en el nivel de educación básica, donde las habilidades de curiosidad y observación se configuran como un elemento clave en la articulación de lo biológico y lo social". Estas prácticas por desarrollar de acuerdo con el Proyecto Cero de la Universidad de Harvard tienen su fundamento en "una rutina de pensamiento llamada pienso-pregunto-exploro, hace que los estudiantes compartan lo que piensan sobre un tema, identifiquen preguntas que les intrigan y señalen direcciones para explorar" (Ritchhart y Perkins, 2008, p. 57).

A pesar de que este pensamiento se desarrolla en la mente de la persona y es invisible para el mismo y los demás se externaliza cuando el pensador manifiesta sus ideas a través del habla, la escritura, el dibujo u otros medios, permitiendo así dirigir y mejorar sus propios procesos cognitivos. No obstante, esta externalización no es un mero ejercicio de comunicación, sino una condición epistémica para el desarrollo del pensamiento crítico y la metacognición.

Trabajos de investigación recientes han confirmado que la creación deliberada de espacios dialógicos en el aula de ciencias potencia significativamente las habilidades de orden superior. Wijesekera & Hameed (2025) en un estudio de intervención en aulas de ciencias e Instrucción Media Inglesa en Sri Lanka, donde tradicionalmente predomina el aprendizaje memorístico orientado a exámenes que limitan el pensamiento crítico y el compromiso cognitivo significativo, implementó dos estrategias es-

pecíficas: el interrogatorio "¿Qué pasaría si...?" (*What If*) y la observación con preguntas "Noto y me pregunto..." (*Notice and Wonder*) dentro de grupos colaborativos. Los resultados mostraron una mejora sustancial en el pensamiento de orden superior: el pensamiento crítico, la capacidad de resolución de problemas y el compromiso cognitivo profundo de los estudiantes. Admas, se observó una mayor curiosidad y disposición para abordar conceptos científicos complejos, incluso en contextos donde el idioma de instrucción (inglés) representaba una barrera adicional.

En esta categoría analítica que se discute un elemento importante que emergió en la bibliografía revisada es que el andamiaje discursivo es fundamental para que estos espacios de intercambio sean efectivos. Un estudio sobre los efectos del enfoque de enseñanza basado en argumentación en la disposición al pensamiento crítico y las habilidades de argumentación de los estudiantes, así como la relación entre las habilidades de argumentación y la disposición al pensamiento crítico en estudiantes de educación secundaria en Turquía (Meral et al., 2021).

El trabajo citado demostró que: (a) La enseñanza basada en argumentación mejora la disposición al pensamiento crítico. Este hecho es fundamental desde nuestra perspectiva porque no solo es necesario que los estudiantes tengan habilidades, sino que tengan disposición a usarlas. La disposición al pensamiento crítico es un requisito previo para que las HCOS se activen. "El enfoque de enseñanza basado en argumentación tuvo un efecto positivo en la disposición al pensamiento crítico de los estudiantes" (Meral et al., 2021, p. 17). (b) La argumentación no es espontánea: necesita práctica explícita y sostenida. Ya hemos indicado en este artículo que muchos docentes asumen que la experimentación desarrolla automáticamente HCOS. Este estudio demuestra que, sin un andamiaje deliberado (como las rutinas de argumentación), los estudiantes se quedan en niveles bajos. (c) La argumentación predice el pensamiento crítico. Nosotros consideramos que, si la experimentación se acompaña de actividades argumentativas como diseñar, hacer, probar, STEM, se pueden potenciar las HCOS. Además, como se evidenció "Las habilidades de argumentación explicaron el 34% de la variación en la disposición al pensamiento crítico" (Meral et al., 2021, p. 17). Esto significa que trabajar la argumentación tiene un impacto directo y medible en el pensamiento crítico.

Conclusiones

A lo largo de esta revisión sistemática se ha podido evidenciar que la experimentación en educación secundaria, si bien constituye un componente ineludible en la formación científica de los estudiantes, no es suficiente por sí sola para desarrollar las denominadas HCOS. Las prácticas de laboratorio tradicionales, centradas con frecuencia en la verificación de hipótesis y el seguimiento estricto de protocolos, tienden a fomentar habilidades básicas como la manipulación de instrumentos o la medición de variables, pero dejan en un segundo plano procesos cognitivos complejos como el pensamiento crítico, la argumentación fundamentada o la resolución creativa de problemas. Esta constatación invita a superar la idea de que el simple hecho de realizar experimentos garantiza automáticamente un aprendizaje profundo y significativo.

Se concluye también que, el papel del docente en este contexto es un factor determinante para que la experimentación alcance su verdadero potencial epistémico. No basta con que los estudiantes sigan instrucciones o confirmen resultados esperados; se requiere un andamiaje explícito por parte del profesor, que incluya el modelado del pensamiento científico, la formulación de preguntas investigables, la conexión entre variables y un apoyo motivacional sostenido. Los hallazgos revisados coin-

ciden en que la orientación pedagógica deliberada convierte una actividad meramente procedimental en una auténtica experiencia de indagación, donde el error se transforma en oportunidad de aprendizaje y la curiosidad en motor del conocimiento.

De igual manera, se ha identificado que la contextualización del aprendizaje y la adopción de enfoques como la cultura maker o las metodologías STEM y STEAM potencian significativamente el desarrollo de HCOS. Cuando los experimentos se vinculan con problemas reales del entorno de los estudiantes, con situaciones cotidianas o con desafíos sociales auténticos, la ciencia deja de ser un conjunto de conceptos abstractos para convertirse en una herramienta viva de interpretación y transformación de la realidad. El ciclo de diseñar, construir y probar, característico del movimiento maker, promueve un pensamiento iterativo, creativo y colaborativo que difícilmente se alcanza con las prácticas de laboratorio convencionales.

Igualmente se concluye que existe una estrecha relación entre la argumentación y el pensamiento crítico. Los estudios analizados demuestran que la enseñanza explícita de la argumentación científica no solo mejora la capacidad de los estudiantes para sostener sus afirmaciones con evidencias, sino que explica una parte sustancial de la variación en la disposición al pensamiento crítico. Esto significa que fomentar espacios de intercambio dialógico, rutinas de preguntas como "¿qué pasaría si...?" o estrategias de observación reflexiva no son actividades complementarias, sino componentes centrales de cualquier propuesta didáctica que aspire a formar ciudadanos científicamente alfabetizados.

Finalmente, se hace evidente que, a pesar del consenso teórico sobre los beneficios de la experimentación, persisten importantes brechas estructurales y formativas en América Latina que limitan su impacto. La falta de laboratorios dotados, las dificultades de conectividad y, sobre todo, la escasa formación docente en enfoques de indagación y argumentación, mantienen a muchas aulas ancladas en prácticas tradicionales centradas en la repetición y el contenido. Superar estas limitaciones requiere no solo inversión en infraestructura, sino también un cambio profundo en la formación inicial y continua del profesorado de ciencias naturales, de modo que la experimentación se convierta realmente en un vehículo para el desarrollo de habilidades científicas de orden superior y no en un mero ejercicio de verificación.

Privacidad: No aplica.
Financiación: Este trabajo no ha recibido ningún tipo de financiamiento.
Conflicto de interés competente: Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.
Declaración sobre uso de inteligencia artificial: Los autores del presente artículo declaramos que no hemos empleado Inteligencia Artificial en su elaboración salvo en la figura 1 artículo.

Declaración de autoría CRediT	
Autor	**Rol desempeñado**
OEV	Redacción – revisión y edición, Redacción – borrador original, Supervisión, Conceptualización.
VBG	Recursos, Administración de proyecto, Investigación, Curación de datos.

Referencias

Aditomo, A. & Klieme, E. (2020). Forms of inquiry-based science instruction and their relations with learning outcomes: evidence from high and low-performing education systems. *Journal of Science*

Education, 42(4), 504-525. https://doi.org/10.1080/09500693.2020.1716093

Adler, I., Schwartz, L., Madjar, N. & Zion, M. (2018). Reading between the lines: The effect of contextual factors on student motivation throughout an open inquiry process. *Science Education*, 102(4), 820–855. https://doi.org/10.1002/sce.21445

Adúriz, B. A. y Ariza, Y. (2012). Importancia de la Filosofía y de la Historia de la Ciencia en la enseñanza y en el aprendizaje de las Ciencias. In: Monroy, Z., León, S. R., Álvarez, D. de L. (org.). *Enseñanza de la ciencia*. Universidad Nacional Autónoma de México p. 79 – 92.

Alabdul Razzak, M., Al-Kwifi, O. S. & Ahmed, Z. U. (2018). Rapid alignment of resources and capabilities in time-bound networks: A theoretical proposition. *Global Journal of Flexible Systems Management*, 19(4), 273-287.

Ambusaidi, A., Al Musawi, A., Al-Balushi, S. & Al-Balushi, K. (2018). The Impact of virtual lab learning experiences on 9th grade students' achievement and their attitudes towards science and learning by virtual lab. *Journal of Turkish Science Education*, 15(2), 13-29. https://eric.ed.gov/?id=EJ1313744#:~:text=The%20results%20indicate%20that%20the,develop%20effective%20learning%20of%20science.

Anderson, L. W., & Krathwohl, D. R. (Eds.). (2001). *A taxonomy for learning, teaching, and assessing: A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives*. MA (Pearson Education Group).

Aydin Ceran, S. (2018). *The effects of 5e models supported life-based contexts on the conceptual understanding level and scientific process skill*s (Doctoral dissertation, Doctoral dissertation). Gazi University, Ankara. Retrieved From https://tez. yok.gov. tr.

Bazán, A. y Diaz, L. (2021). *Consecuencias de la falta de elementos de laboratorio en el aprendizaje de Ciencias Naturales, en el ciclo orientado del turno tarde del Colegio Provincial N° 12 "Victoria Romero" en el año 2019*. Tesina para alcanzar el título de Licenciatura en Tecnología Educativa. Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional La Rioja. https://ria.utn.edu.ar/bitstream/handle/20.500.12272/5594/_Tesina%20-%20Bazan%20y%20Diaz%20-%20Final%20octub2021.docx.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Bazie H, Lemma B, Workneh A, Estifanos A. (2024). The Effect of Virtual Laboratories on the Academic Achievement of Undergraduate Chemistry Students: Quasi-Experimental Study. *JMIR Form Res*, 15(8), e64476. https://doi.org/10.2196/64476.

Bloom, B. S., Engelhart, M. D., Furst, E. J., Hill, W. H., & Krathwohl, D. R. (1956). Taxonomy of educational objectives: The classification of educational goals. *Handbook I: Cognitive domain*. Longmans.

Braun, V. & Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. *Qualitative Research in Psychology*, 3(2), 77–101. https://doi.org/10.1191/1478088706qp063oa

Bretz, S. L., Fay, M., Bruck, L. B. & Towns, M. H. (2013). What faculty interviews reveal about meaningful learning in the undergraduate chemistry laboratory. *Journal of Chemical Education*, 90(3), 281-288. https://pubs.acs.org/doi/10.1021/ed300384r

Ceran, S. A. (2021). Contextual learning and teaching approach in 21st century science education. In A. Csiszárik-Kocsir & P. Rosenberger (Eds .), *Current Studies in Social Sciences*, (pp. 160–173). ISRES Publishing. https://www.isres.org/books/chapters/CSSS2021-Ch_11_03-01-2022.pdf

BY NC SA

Chen, Y., & Wang, L. (2023). The impact of virtual simulation experiments on students'learning enthusiasm and innovation ability. *Science & Technology Vision*, 1(1), 7–12. https://doi.org/10.53789/STV.2023.01.002

Coronado, P. J. J. (2024). Percepción del profesorado sobre la imagen, enseñanza y aprendizaje de las ciencias naturales: un estudio exploratorio. *Revista de la Asociación Colombiana de Ciencias Biológicas*, 6: 18-33. https://doi.org/10.47499/revistaaccb.v1i36.300

De Hoyos, B. S. M. (2020). El método científico y la filosofía como herramientas para generar conocimiento. *Revista de filosofía UIS*, 19(1), 229 – 245. https://doi.org/10.18273/revfil.v19n1-2020010

De Jong T, Linn MC, Zacharia Z. C. (2013). Physical and virtual laboratories in science and engineering education. *Science*, 340(6130), 305–308. doi: 10.1126/science.1230579.

DeGirolamo, S., Pedersen, C. R., Corneliussen, J., Anders Kjærgaard, & Pattyn, N. (2024). *Learning Environment*. Routledge EBooks, 201–225. https://doi.org/10.4324/9781003378969-13

Demelash, M., Andargie, D. & Belachew, W. (2024). Enhancing Secondary School Students' Engagement in Chemistry through 7E Context-Based Instructional Strategy Supported with Simulation. *Pedagogical Research*, 9(2), em0189. https://doi.org/10.29333/pr/14146

Domènech, C. J. (2014). Indagación en el aula mediante actividades manipulativas y mediadas por ordenador. Alambique. *Didáctica de Las Ciencias Experimentales*, 76, 17–27. https://www.researchgate.net/publication/280881257_Indagacion_en_el_aula_mediante_actividades_manipulativas_y_mediadas_por_ordenador

Domínguez, G. M. C. (2023). *Aprendizaje conectado apoyado en la Cultura Maker para la enseñanza de Ciencia y Tecnología*. Conference: Seminario Enseñanza de las Ciencias Exactas. DOI: 10.13140/RG.2.2.14727.78244

Domínguez, G. M. S. (2021). *Mediación tecnológica apoyada en la Cultura Maker para la enseñanza de Ciencia y Tecnología en Educación Secundaria*. Tesis doctoral. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. DOI: 10.13140/RG.2.2.24794.11206

Escobar, P. C. V. (2016). El laboratorio de Ciencias Naturales como recurso didáctico para el proceso de Enseñanza Aprendizaje del bloque 3 en los estudiantes de sexto año de educación general básica de la Unidad Educativa Municipal Antonio José de Sucre. [Trabajo teórico de titulación previo a la obtención del grado de Licenciatura en Ciencias de la Educación Mención: Ciencias Naturales y del Ambiente, Biología y Química. Carrera de Ciencias Naturales y del Ambiente, Biología y Química]. https://www.dspace.uce.edu.ec/entities/publication/f30b94c2-0c16-4274-88b7-a2ac6f41f032

Faicán, J. F. y Manzano, V. R. (2024). Investigación abierta en la práctica de laboratorio y el aprendizaje de la Química en los estudiantes de bachillerato. *Revista Cátedra*, 7(1), 97-111. https://doi.org/10.29166/ catedra.v7i1.4474

Fay, M. E., Grove, N. P., Towns, M. H., & Bretz, S. L. (2007). A rubric to characterize inquiry in the undergraduate chemistry laboratory. *Chemistry Education Research and Practice*, 8(2), 212–219. https://doi.org/10.1039/B6RP90031C

CC BY NC SA

Fayzullina, A. R., Zakirova, C. S., Dobrokhotov, D. A., Erkiada, G., Muratova, O. A. & Grishnova, E. E. (2023). Bibliometric review of articles related to context-based learning in science education. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 19(9), Article em2330. em2330. https://doi.org/10.29333/ejmste/13534

Fensham, P. J. (2009). Real world contexts in PISA science: Implications for context-based science education. *Journal of Research in Science Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching*, 46(8), 884-896. https://doi.org/ 10.1002/tea.20334

Ferrés-Gurt, C. (2017). El reto de plantear preguntas científicas investigables. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 14(2), 410-426. https://revistas.uca.es/index.php/eureka/article/view/3395/3114

Furman, M. (2016). *Educar mentes curiosas: la formación del pensamiento científico y tecnológico en la infancia Documento Básico*. XI Foro Latinoamericano de Educación). Santillana. https://expedicionciencia.org.ar/wp-content/ uploads/2016/08/Educar-Mentes-Curiosas-Melina-Furman.pdf

Gallardo, G. M., Fernández, N. M., Sepúlveda,R. M. P., Serván, M.-J., Yus, R. y Barquín, J. (2010). PISA y la Competencia Científica: un análisis de las pruebas de PISA en el área de ciencias. *Relieve. Revista Electrónica de Investigación y Evaluación Educativa,* 16(2), 1-17. http://www.redalyc.org/pdf/916/91617139006.pdf

Gamage, K. A. A., Wijesuriya, D. I., Ekanayake, S. Y., Rennie, A. E. W., Lambert, C. G. & Gunawardhana, N. (2020). Online Delivery of Teaching and Laboratory Practices: Continuity of University Programmes during COVID-19 Pandemic. *Education Sciences*, 10(10), 291. https://doi.org/10.3390/educsci10100291

García, V. A. X. y Moreno, S. Y. A. (2019). La experimentación en las ciencias naturales y su importancia en la formación de los estudiantes de básica primaria. *Biografía Escritos sobre la Biología y su Enseñanza*, 138249, 149-158. https://scispace.com/pdf/la-experimentacion-en-las-ciencias-naturales-y-su-12hzw0a9yp.pdf

Gonzáles, V. A. R., Salazar, G. C. y López, S. A. (2004). *La experimentación en la enseñanza de las ciencias naturales en el nivel primaria*. [Tesis de licenciatura, Universidad Pedagógica Nacional, Mazatlan, México]. http://200.23.113.51/pdf/23445.pdf

Hakim, A., Kadarohman, L. A. & Syah, Y. M. (2016). Effects of the natural product mini project laboratory on the students' conceptual understanding. *Journal of Turkish Science Education (TUSED)*, 13(2), 27-36. https://www.tused. org/index.php/tused/article/view/640/982

Hakim, A., Liliasari, L., Kadarohman, A., Syah, Y. M., & Musthapal, I. (2013). *Learning through innovative natural products chemistry laboratory*. Proceeding of the science education seminar future directions: Between hope and reality. University of Mataram.

Hernández, J. L., Machado, B. E., Martínez, S. E., Andreu, G. N. y Flint, A. (2018). La práctica de laboratorio en la asignatura Química General y su enfoque investigativo. *Revista Cubana de Química*, 30(2), 314-327. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-54212018000200012

Hong, Q. N., Pluye, P., Fàbregues, S., Bartlett, G., Boardman, F., Cargo, M. & Vedel, I. (2018). *Mixed Methods Appraisal Tool (MMAT)*. Version 2018. Registration of Copyright (#1148552), Canadian Intellectual Property Office, Industry Canada.

CC BY NC SA

Hüfner, S., Weirauch, K., List, F., Menthe, J., & Abels, S. (2025). Context-based science education to promote diversity-equity-inclusion – a systematic literature review on the understanding of context in science education. *Studies in Science Education*, 1–41. https://doi.org/10.1080/03057267.2025.2563946

Jegstad, K. M. (2024). Inquiry-based chemistry education: a systematic review. *Studies in Science Education*, 60(2), 251–313. https://doi.org/10.1080/03057267.2023.2248436

Jiang, S., Huang, X., Sung, S. H., & Xie, C. (2023). Learning analytics for assessing hands-on laboratory skills in science classrooms using bayesian network analysis. *Research in Science Education*, 53(2), 425–444. doi:10.1007/s11165-022-10061-x.

Knight-Bardsley, A., & McNeill, K. L. (2016). Teachers' pedagogical design capacity for scientific argumentation. *Science Education*, 100(4), 645–672. https://doi.org/10.1002/sce.21222

Koskinen, R., & Pitkäniemi, H. (2022). Meaningful Learning in Mathematics: A Research Synthesis of Teaching Approaches. *International Electronic Journal of Mathematics Education*, 17(2), em0679. https://doi.org/10.29333/iejme/11715

Kwok, S. (2018). Science education in the 21st century. Nature Astronomy, 2(7), 530- 533. https://doi.org/10.1038/s41550-018-0510-4Nentwig, P. M., Demuth, R., Parchmann, I., Ralle, B., & Gräsel, C. (2007). Chemie im Kontext: Situating learning in relevant contexts while systematically developing basic chemical concepts. *Journal of Chemical Education*, 84(9), 1439. https://doi.org/10.1021/ ed084p1439

Lerma, G., K. Barrios, R. N. Y. y García, G. N. L. (2023). Habilidades científicas: identificar variables y asociar preguntas a un experimento o situación problema. *Bio-grafía*, 17(32), 162–172. https://doi.org/10.17227/bio-grafia.vol.17.num32-20427

Lidueña, G. D. J. y Alcocer, A, P. M. (2025). Cultura Maker y Educación STEAM como Estrategias Didácticas Transformadoras en Contextos Rurales. *Revista Latinoamericana de Calidad Educativa*, 310-316. https://alumnieditora.com/index.php/ojs/es/article/view/189/332

Lombard, F. & Schneider, D. (2013) Good student questions in inquiry learning. *Journal of Biological Education*, 47(3), 166–174. https://eric.ed.gov/?id=EJ1024051

López, R. A. M. y Tamayo, A. O. E. (2012). Las prácticas de laboratorio en la enseñanza de las ciencias naturales. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos*, 8(1), 145-166. https://www.redalyc.org/pdf/1341/134129256008.pdf

Martin-Hansen, L. (2002). Defining Inquiry. Exploring the many types of inquiry in the science classroom. *The Science Teacher*, pp. 34-37. https://people.uncw.edu/kubaskod/SEC_406_506/documents/DefiningInquiry.pdf

Meral, E., Şahin, İ. F. & Akbaş, Y. (2021). The effects of argumentation-based teaching approach on students' critical thinking disposition and argumentation skills: "Population in our country unit". *International Journal of Psychology and Educational Studies*, 8(1), 51-74. https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1286507.pdf

Meronda, D. A., Widarti, H. R. & Yahmin. (2025). Virtual laboratories in science education: A systematic review of effectiveness on conceptual understanding and learning outcomes. Journal Pendidikan

CC BY NC SA

MIPA, 26(3), 2020–2042. https://doi.org/10.23960/jpmipa.v26i3.pp2020-2042

Morales, M. Y. M. y Dutrénit, B. G. (2017). El movimiento Maker y los procesos de generación, transferencia y uso del conocimiento. Ciencias Sociales, Humanidades y Artes, 5(15), 1-29. https://doi.org/https://dx.doi.org/10.22201/enesl.20078064e.2017.15.62588

Muñoz, M. J. I. y Charro, H. E. (2023). El desarrollo de Competencias Científicas a través de una línea de saberes. Un análisis experimental en el aula. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*. 20(2), 210101-210120. https://revistas.uca.es/index.php/eureka/article/view/8220/10529

Murphy, P. K., Greene, J. A., Allen, E., Baszczewski, S., Swearingen, A., Wei, L. & Butler, A. M. (2018). Fostering high school students' conceptual understanding and argumentation performance in science through Quality Talk discussions. *Science Education*, 102(6), 1239–1264. https://doi.org/10.1002/sce.21471

Nagarajan, S. & Overton, T. (2019). Promoting systems thinking using project-and problem-based learning. *Journal of Chemical Education*, 96(12), 2901-2909. https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.9b00358

OECD. (2018). Resultado de pisa 2018. https://www. oecd. org/pisa/publications. PISA2018_CN_COL_ESP. Pdf

OECDE. (2023). *PISA 2022 Results (Volume I and II) - Country Notes: Argentina*.

Ojo, O. O. (2025). Situated learning and biology education: Enhancing students' attitudes towards genetics concepts through socio scientific issues. *Brazilian Journal of Education, Technology and Society (BRAJETS)*, 18(3), 747-763. https://doi.org/10.1080/00219266.2024.2311342

Ortiz, R. G. y Cervantes, M. L. (2015). La formación científica en los primeros años de escolaridad. *Panorama*, 9(17), 10-23. https://www.redalyc.org/pdf/3439/343976486002.pdf

Osorio, H. L. N. (2022). Simulaciones como herramientas de aprendizaje y experimentación en la enseñanza de las ciencias naturales en educación secundaria. *Revista Aquin@s 'Scriptum Scientiam'*, 1(2), 6-14. https://revistas.usantotomas.edu.co/index.php/aquinas/article/view/8224

Palacio, S, G. A. C. (2016). *Las prácticas de laboratorio en el proceso de enseñanza - aprendizaje de la asignatura de Ciencias Naturales, bloque 4 correspondiente al 10mo año EGB "A" y "B" del Instituto Educativo Shyris – Valdivia, año lectivo 2015 – 2016, Quito – Ecuador.* [Tesis de licenciatura, Universidad Central del Ecuador]. Repositorio Institucional UCE. https://www.dspace.uce.edu.ec/entities/publication/688ff7e1-224f-455f-ab3d-52bfe6226410

Pillajo, E. e. E., Jácome, P. D. A., Jácome, P. E. J., Medina, N. G. B. y Gamboy, T. G. É. (2025). El laboratorio como mediador del aprendizaje significativo en cinemática: Un estudio en Educación. *Revistas de Ciencias de la Educación y el Deporte*, 3(2), 18-32. https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjy8qDz7o2TAxUCmWoFHU4jOR8QFnoECBkQAQ&url=https%3A%2F%2Frevistaced.com%2Findex.php%2Fhome%2Farticle%2Fdownload%2F108%2F421&usg=AOvVaw0IirjpMbVDtEZwrywEcMHj&opi=89978449

PISA 2022. *Results (Volume I and II) - Country Notes: Brazil.* https://www.oecd.org/en/publications/pisa-2022-results-volume-i-and-ii-country-notes_ed6fbcc5-en/brazil_61690648-en.html

PISA 2022. *Results (Volume I and II) - Country Notes: Canada.* https://www.oecd.org/en/publications/pisa-2022-results-volume-i-and-ii-country-notes_ed6fbcc5-en/canada_901942bb-en.html

PISA 2022. *Results (Volume I and II) - Country Notes: Chile.*

PISA 2022. *Results (Volume I and II) - Country Notes: Dominican Republic.* https://www.oecd.org/en/publications/pisa-2022-results-volume-i-and-ii-country-notes_ed6fbcc5-en/dominican-republic_18177a60-en.html

PISA 2022. *Results (Volume I and II) - Country Notes: Estonia.* https://www.oecd.org/en/publications/pisa-2022-results-volume-i-and-ii-country-notes_ed6fbcc5-en/estonia_dafed886-en.html

PISA 2022. Results (Volume I and II) - Country Notes: Japan. https://www.oecd.org/en/publications/pisa-2022-results-volume-i-and-ii-country-notes_ed6fbcc5-en/japan_f7d7daad-en.html

PISA 2022. *Results (Volume I and II) - Country Notes: Korea.* https://www.oecd.org/en/publications/pisa-2022-results-volume-i-and-ii-country-notes_ed6fbcc5-en/korea_4e0cc43a-en.html

PISA 2022. *Results (Volume I and II) - Country Notes: Mexico.* https://www.oecd.org/en/publications/pisa-2022-results-volume-i-and-ii-country-notes_ed6fbcc5-en/mexico_519eaf88-en.html

PISA 2022. *Results (Volume I and II) - Country Notes: Panama.* https://www.oecd.org/en/publications/pisa-2022-results-volume-i-and-ii-country-notes_ed6fbcc5-en/panama_85fcce46-en.html

PISA 2022. *Results (Volume I and II) - Country Notes: Paraguay.* https://www.oecd.org/en/publications/pisa-2022-results-volume-i-and-ii-country-notes_ed6fbcc5-en/paraguay_1abb8775-en.html

PISA 2022. *Results (Volume I and II) - Country Notes: Peru.* https://www.oecd.org/en/publications/pisa-2022-results-volume-i-and-ii-country-notes_ed6fbcc5-en/peru_3e71791c-en.html

PISA 2022. *Results (Volume I and II) - Country Notes: Türkiye.* https://www.oecd.org/en/publications/pisa-2022-results-volume-i-and-ii-country-notes_ed6fbcc5-en/turkiye_d67e6c05-en.html

PISA 2022. *Results (Volume I and II) - Country Notes: United States.* https://www.oecd.org/en/publications/pisa-2022-results-volume-i-and-ii-country-notes_ed6fbcc5-en/united-states_a78ba65a-en.html

PISA 2022. *Results (Volume I and II) - Country Notes: Viet Nam.* https://www.oecd.org/en/publications/pisa-2022-results-volume-i-and-ii-country-notes_ed6fbcc5-en/viet-nam_a727c3a8-en.html

Quijano L. R. y Gavin, C. O. (2022). La interdisciplinariedad en la enseñanza de las Ciencias experimentales: estado actual de la cuestión. *Roteiro, Joaçaba*, 47, 1-25. https://doi.org/10.18593/r.v47.30105

Raman, R., Shanker, R., & Singh, A. K. (2022). Virtual laboratories in science education:A historical review and future prospects. *Journal of Educational Technology Systems*, 51(1), 60–84. Doi: 10.1177/00472395221087856

Ramírez, (2023). El Papel de la Experimentación en la Enseñanza de las Ciencias Naturales. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(3). 632-652. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i3.6222

Ritchhart, R. & Perkins, D. (2008). Educational leadership. *Teachin Student to Think*, 65(5), 67-61. https://pz.harvard.edu/sites/default/files/makingthinkingvisibleEL.pdf

Rönnebeck, S., Bernholt, S., & Ropohl, M. (2016). Searching for a common ground: A literature review of empirical research on scientific inquiry activities. *Studies in Science Education*, 52(2), 161–197.

CC BY NC SA

https://doi.org/10.1080/03057267.2016.1206351

Sampson, V. & Blanchard, M. (2012). Science teachers and scientific argumentation: Trends in views and practice. *Journal of Research in Science Teaching*, 49(9), 1122-1148. https://doi.org/10.1002/tea. 21037

Sanmartí, N., & Márquez, C. (2017). Aprendizaje de las ciencias basado en proyectos: del contexto a la acción. *Ápice*, 3-16. doi:https://doi.org/10.17979/arec.2017.1.1.2020

Satterthwait, D. (2010). Why Are "Hands-On" Science activities so effective for student learning? T*eaching Science*, 56(2),7-10. https://eric.ed.gov/?id=EJ907322

Sevian, H., Dori, Y. J., & Parchmann, I. (2018). How does STEM context-based learning work: What we know and what we still do not know. *International Journal of Science Education*, 40(10), 1095–1107. https://doi.org/10.1080/09500693.2018.1470346

Silva, N- L. D. y Cáceres, M. M. L. (2024). El experimento como estrategia para el acercamiento al saber científi-co. *Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas*, 7(1), 79-87. https://remca.umet.edu.ec/index.php/REMCA/article/view/669/ 662

Solbes, J., Palomar, R., Petit, M. F. & Tuzón, P. (2025). Modeling with embodiment for inquiry-based science education. *Education Sciences*, 15(7), 796. https://doi.org/10.3390/educsci15070796

St. Clair, N., Stephens, A. L. & Lee, H. S. (2024). 'But, is it supposed to be a straight line?' Scaffolding students' experiences with pressure sensors and material resistance in a high school biology classroom. *International Journal of Science Education*, 46(8), 815–838. https://doi.org/10.1080/09500693.2023.2260064

Strat, T. T. S., Henriksen, E. K., & Jegstad, K. M. (2024). Inquiry-based science education in science teacher education: a systematic review. *Studies in Science Education*, 60(2), 191–249. https://doi.org/10.1080/03057267.2023.2207148

Tamir, P. García, M. (1992). Características de los ejercicios de prácticas de laboratorio incluidos en los libros de texto de ciencias utilizados en Cataluña. *Enseñanza de Las Ciencias*, 10(1), 3–12. https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/39881.

Torres, V. J. R. y Ayuso, F. G. E. (2025). Evaluación de las competencias científicas de los estudiantes de secundaria de República Dominicana. Revista Caribeña de Investigación Educativa RECIE, 9, 1-28. https://doi.org/10.32541/recie.v9.719

Unesco. (2017). Educación para los Objetivos de Desarrollo Sostenible: objetivos de aprendizaje. Organización de las Naciones Unidas para la Educación la Ciencia y la Cultura (Unesco). https://r.issu.edu.do/Kf

Universidad de San Pedro Sula. (2017). Laboratorio de Biología y Química. Obtenido de Universidad de San Pedro Sula: http://www.usap.edu/campus-universitario/laboratorios/laboratoriode-biologia-y-quimica/

Universiti Malaya. (2025). Toying with Science: Sparking STEM Interest Through Play. (2025). Universiti Malaya. https://myumcares.um.edu.my/toying-with-science-student-outreach-with-stem-inspired-social-innovation

Vo, D. V. & Simmie, G. M. (2025). Assessing Scientific Inquiry: A Systematic Literature Review of Tasks, Tools and Techniques. Int J of Sci and Math Educ, 23, 871–906. https://doi.org/10.1007/s10763-024-10498-8

Vogelzang, J., & Admiraal, W. F. (2017). Classroom action research on formative assessment in a context-based chemistry course. Educational Action Research, 25(1), 155-166. https://doi.org/10.1080/09650792.2016.1177564

Wijesekera, H. D., & Hameed, R. (2025). "What if?" and "Notice and wonder": Fostering higher order thinking in science classrooms. *Thinking Skills and Creativity*, 60, 102093. https://doi.org/10.1016/j.tsc.2025.102093

Zhang, L., & Cobern, W. W. (2020). Confusions on "guidance" in inquiry-based science teaching: A response to Aditomo and Klieme 2020. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 21(1), 1–6. https://doi.org/10.1007/s42330-020-00116-4

Zhang, Y., Yang, Y., Chu, Y., Sun, D., Xu, J., & Zheng, Y. (2024). Virtual laboratories in science education: Unveiling trajectories, themes, and emerging paradigms (2013-2023). *Journal of Baltic Science Education*, 23(5), 990–1009. https://doi.org/10.33225/jbse/24.23.990

Zulfa y Adam Malik. (2025). The development of 21st century skills through PSL Practicum and HOT Lab in Science Education. *Journal Pendidikan Fisika Dan Teknologi*, 11(2):309-315. https://dx.doi.org/10.29303/jpft.v11i2.8933

Fecha de recepción del artículo: 3 de febrero de 2026.
Fecha de aceptación del artículo: 24 de febrero de 2026.
Fecha de aprobación para maquetación: 3 de abril de 2026.
Fecha de publicación: 30 de junio de 2026.

Notas sobre los autores

* Omar Escalona Vivas es Dr. en ciencias de la Educación (Universidad Nacional Experimental Simón Rodríguez), Postdoctor en Procesos Sintagmáticos de la Ciencia (International Lifelong Learnig University, ILLU. Centro Internacional de Estudios Avanzados, CIEA-SYPAL), licenciado en Ciencias Biológicas (Universidad Católica del Táchira). Email de contacto: omar.escalona@iesip.edu.ve

** Víctor Bless Gutiérrez es Dr. en Ciencias Pedagógicas (Universidad de Ciencias Pedagógicas) y Dr. en Ciencias Matemáticas (Universidad de Oriente). Departamento de postgrado e Investigaciones de la Facultad de Tecnología de la Salud (FATESA), adscrita la Universidad de Ciencias Médicas de la Habana (UCMH), La Habana – Cuba. Email de contacto: vblessgutierrez@gmail.com

CC BY NC SA