

# A experimentação no ensino secundário: como formar habilidades científicas de ordem superior?

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



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.

### Resumo

Este artigo analisa como a experimentação no ensino secundário contribui para a formação de habilidades científicas de ordem superior (HCOS): pensamento crítico, resolução de problemas, argumentação e formulação de hipóteses. Por meio de uma revisão sistemática com metodologia PRISMA (2016-2026) em bases como *Scopus*, *WoS*, *ERIC*, *SciELO* e *Redalyc*, foram identificadas sete categorias temáticas: andaime, ensino baseado em estudos internacionais, resolução colaborativa de problemas, design-construção-teste (cultura maker), formação STEM/STEAM, contextualização da aprendizagem e espaços de intercâmbio reflexivo. Os achados revelam que a experimentação por si só não desenvolve automaticamente as HCOS; é necessário um andaime docente explícito, orientação pedagógica, contextualização significativa e oportunidades de argumentação. A falta de formação docente e de infraestrutura na América Latina limita esse potencial.

**Palavras-chave:** experimentação, habilidades científicas de ordem superior, ensino secundário, andaime, revisão sistemática.

### 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 clave:** experimentación, habilidades científicas de orden superior, educación secundaria, andamiaje, revisión sistemática.

**Como citar este artigo (APA):** Escalona, V. O. e Bless, G. V. (2026). A experimentação no ensino secundário: como formar habilidades científicas de ordem superior? *Revista Digital de Investigación y Postgrado*, 7 (14), 99-123.. <https://doi.org/10.59654/mbdvex58>



## Introdução

Quando se ensinam ciências no ensino secundário, pretende-se formar cidadãos capazes de compreender o mundo a partir de uma perspectiva científica, desenvolvendo pensamento crítico e habilidades para a resolução de problemas (Jiang et al. 2023). Indubitavelmente, tal consideração coloca que a educação tem de corresponder às exigências do mundo atual, como afirma a Unesco (2017), juntamente com os desafios e as aspirações do século XXI, com objetivos e conteúdos de aprendizagem pertinentes. Nesta perspectiva, como deixar aquilo que Furman (2016, p. 32) chama de "a possibilidade de viver na própria pele o próprio processo de investigar o mundo"? A resposta não é outra senão através da experimentação. As práticas de laboratório em ciências naturais têm sido consideradas há muito tempo como um eixo vertebrador que conecta o conhecimento teórico com a realidade empírica. Mas qual é o papel do professor nesta virada epistemológica na sala de aula? García e Moreno (2019, p. 157) respondem:

O professor pode favorecer o processo de aprendizagem através de trabalhos experimentais cujo adjacente seja a observação ativa, as perguntas e hipóteses, a artificialização de fenômenos naturais e a busca de soluções para situações cotidianas e, por sua vez, o desenvolvimento das habilidades científicas de descrição, argumentação, análise, apropriação e aplicação do conhecimento científico para interpelar a realidade e transformá-la; por fim, compreender a ciência como um conhecimento que se constrói a partir de situações cotidianas sem respostas aparentes, onde os estudantes são os protagonistas na construção de suas novas explicações.

Um percurso pela literatura científica publicada permite constatar que as práticas de laboratório contribuem para a formação de habilidades experimentais nos estudantes do ensino secundário. Osorio (2022) e Jiang et al. (2023) mencionam que nesta idade os jovens aprendem a manipular reagentes químicos, equipamentos e instrumentos de laboratório, formular hipóteses, realizar experimentos para confirmá-las e medir variáveis relacionadas aos fenômenos estudados.

Da mesma forma, as vozes da comunidade científica argumentam os benefícios que a experimentação no ensino secundário traz consigo e como se geram aprendizagens em múltiplas dimensões. Nesta ordem de ideias, Bretz et al. (2013) e Hakim et al. (2013, 2016) descobriram que a realização de experimentos científicos permite a compreensão dos conceitos e contribui para corrigir ideias errôneas. Além disso, afirmam que as práticas de laboratório ajudam a alcançar uma aprendizagem significativa, gerando um ambiente motivador que desperta o interesse e a curiosidade dos estudantes por aprender e, ao mesmo tempo, favorecem a compreensão profunda de conceitos complexos como espaço mediador (Escobar, 2016 e Pillajo et al., 2025).

No entanto, se considerada do ponto de vista procedimental, convém mencionar que os laboratórios contribuem para o desenvolvimento de destrezas específicas. Dessa maneira, o estudo de Hernández et al. (2018) sustenta que os experimentos no ensino secundário são fonte de conhecimento e um meio para confirmar hipóteses, contribuindo para o desenvolvimento de habilidades e hábitos experimentais.

Da mesma maneira, a Universidade de San Pedro Sula (2017) expõe que nos laboratórios existem instrumentos de medição, reagentes e outros elementos que facilitam o alcance dos objetivos na busca de uma concretização do conhecimento científico através da aprendizagem por descoberta.

Por sua vez, [Palacios \(2016\)](#) afirma que estas práticas aumentam as destrezas na experimentação e fomentam o respeito ao meio ambiente.

A partir de um olhar reflexivo sobre o plano atitudinal e epistêmico, pode-se afirmar, como indicam [González et al. \(2004\)](#), que a experimentação no ensino das ciências vai além de facilitar a verificação de hipóteses. Nesse sentido, os experimentos são, na realidade, um meio chave para promover a aprendizagem de conteúdos, resolver problemas e chegar a conclusões sólidas, imprimindo maior rigor científico ao ensino no ensino secundário. Isso corresponde ao que afirma o *National Research Council* (2013, citado em [Murphy et al., 2018, p. 1239](#)): "requer uma mudança fundamental na pedagogia científica para fomentar conhecimentos e práticas como o conhecimento profundo e conceitual, o raciocínio baseado em modelos e a argumentação oral e escrita onde se avalia a evidência científica".

Nesta perspectiva de pensamento, [López e Tamayo \(2012\)](#) insistem em considerar que os laboratórios fortalecem tanto o conhecimento conceitual quanto o procedimental, permitindo aprofundar aspectos essenciais da metodologia científica e fomentando habilidades de raciocínio como o pensamento crítico e criativo, além de atitudes como a abertura mental, a objetividade e uma saudável desconfiança em relação a julgamentos não sustentados em provas suficientes.

Agora, cabe perguntar: Quais são as condições para que a experimentação ocorra? Hoje existem tanto laboratórios físicos quanto virtuais que são essenciais. [De Jong et al. \(2013\)](#) expressaram que no nível pré-universitário e universitário costumam ser oferecidas experiências científicas atrativas e estimulantes. Nesta mesma perspectiva, [Satterthwait \(2010\)](#) afirma que as experiências práticas nos laboratórios de ciências desempenham um papel fundamental ao permitir que os estudantes aprendam. [Ambusaidi et al. \(2018\)](#) acrescentam que, ao incorporar tecnologia nesses espaços, a maneira como os estudantes aprendem ciência muda notavelmente. [Bazán e Díaz \(2021, p. 18\)](#) sintetizam esta ideia ao afirmar que os laboratórios tornam possível "a resolução de problemas, partindo de suas experiências reais, e torna possível o aperfeiçoamento das habilidades científicas escolares".

No entanto, apesar de existir um consenso teórico entre os pesquisadores, é inegável que na Venezuela e em alguns países muitas instituições têm obstáculos significativos para sua implementação. Assim, por exemplo, há centros educativos onde não é possível realizar experimentos devido à falta de laboratórios equipados. Estudos como os de [Torres e Ayuso \(2025, p. 22\)](#), realizados na República Dominicana, indicam que:

50% dos estudantes de centros públicos e 52% dos centros conveniados afirmam ter níveis de domínio baixos ou muito baixos no que se refere a avaliar e desenhar experimentos. Da mesma forma, 73% dos estudantes de centros públicos e 70% dos centros conveniados assinalam que apenas algumas vezes ou nunca são realizados experimentos em sala de aula. Assim também, 53% dos estudantes de centros públicos e 44% dos centros conveniados assinalam que apenas algumas vezes ou nunca se utiliza o método científico nas aulas.

A mesma situação foi encontrada na Colômbia, onde, apesar de ter sido realizado investimento, ainda persiste a falta de diretrizes claras. [Ortiz e Cervantes \(2015, p. 16\)](#) responsabilizam o Estado: "não se veem políticas que definam, regulem, apoiem e assegurem o desenvolvimento geral de habilidades



científicas na população infantil desde sua entrada no sistema formal de educação". Esse fato não permitiu uma generalização dos programas e propostas que foram apresentados, embora tenha havido investimento em recursos.

No caso do Equador, também se coloca "a necessidade de programas de capacitação que permitam promover a participação do professor de Ciências Naturais como guia na preparação do aluno para um ser mais independente na busca e assimilação de conhecimentos científicos através da experimentação" (Ramírez, 2023, p. 637).

Paradoxalmente, ocorre o contrário: há instalações, mas os professores não desenvolvem práticas de laboratório, privando assim os estudantes da oportunidade de validar suas hipóteses, refinar suas habilidades de observação e análise e aprender com seus próprios erros; aspectos todos eles relevantes para o desenvolvimento de competências científicas (Osorio, 2022).

Apesar disso, o problema não é apenas de infraestrutura e equipamento dos laboratórios. Existem professores que assumem práticas docentes que vão em detrimento de uma aprendizagem significativa, concedendo maior importância à leitura de livros ou materiais didáticos do que a situações em que o estudante se aproprie do conhecimento por meio da experimentação. Nesse sentido, Ramírez (2023, p. 634) afirma que nestes professores "há uma predominância sobre desenvolvimento de conteúdos, conhecimentos e termos acima das atividades experienciais". Concordando com isso, outros pesquisadores mencionaram que os professores implementam poucas atividades em sala de aula onde os estudantes participam de uma argumentação autêntica dentro da aula de ciências (Sampson & Blanchard, 2012; Knight-Bardsley & McNeill, 2016).

Esse comportamento está baseado em um papel tradicional e uma aprendizagem memorística centrada na repetição, sem possibilidade de reconstrução do conhecimento e sem favorecer a aprendizagem das ciências naturais (Muñoz e Charro, 2023). Como consequência disso, as aulas muitas vezes caem no tédio, um papel passivo do estudante, sem despertar seu interesse nem propiciar a utilidade na vida cotidiana do que é aprendido (Sanmartí e Márquez, 2017).

Esses comportamentos dos professores deixam de lado raciocínios científicos de ordem superior como a transferência, a heurística e a argumentação, dimensões cognitivas da aprendizagem segundo a taxonomia proposta por Bloom et al. (1956) e revisada por Anderson e Krathwohl (2001) e Gallardo et al. (2010).

Também costuma acontecer que alguns professores fazem perguntas aos estudantes em vez de deixar que eles sejam os que as façam ao professor. Tal situação é contrária ao que sugerem os especialistas (Martin-Hansen, 2002). Mas essa investigação em sala de aula costuma ser de baixo nível (Fay et al., 2007; Tamir e García, 1992). Além disso, o próprio professor acaba dando resposta baseada em conteúdos, razão pela qual a pergunta não é investigável porque é uma investigação estruturada e não é verdadeira investigação (Ferrés, 2017). Mesmo quando os currículos construtivistas sugerem que os conteúdos sejam instrumentos que permitam formular uma hipótese que oriente o processo de pesquisa (Domènech, 2014). Fato nada fácil de ser alcançado pelo professor. Lombard e Schneider (2013) afirmam que a elaboração de perguntas é um processo interativo entre aluno e professor, e iterativo, que conduz da vagueza até a complexidade e adequação, e que necessita de tempo.

De acordo com o exposto, a experimentação é um componente ineludível na formação científica do estudante do ensino secundário. No entanto, ao realizar uma observação mais profunda acerca da natureza das aprendizagens que costumam derivar-se do desenvolvimento de atividades experimentais nas práticas de laboratório, emerge uma distinção fundamental. Enquanto a aquisição de habilidades básicas — como seguir um protocolo ou um conjunto de passos para realizar um experimento em biologia, física ou química e medir uma variável ou manipular um reagente — durante a prática de laboratório aparece de forma automática, o desenvolvimento das denominadas Habilidades Científicas de Ordem Superior (HCOS) apresenta um panorama menos claro do ponto de vista epistemológico.

Enquanto alguns estudos centram sua atenção nas habilidades básicas, outros aspectos de ordem superior são negligenciados. A respeito, convém mencionar que [Coronado \(2024\)](#) e [Hernández et al. \(2018\)](#) descrevem os experimentos como espaços onde os estudantes confirmam hipóteses e desenvolvem hábitos. No entanto, tal caracterização pode estar omitindo o processo cognitivo profundo.

Quando os estudantes realizam experimentos no laboratório de ciências naturais, seguem cuidadosamente os passos que correspondem a essa marcha analítica da experiência, o que implica o planejamento prévio do experimento, o desenho, a seleção dos materiais e equipamentos necessários, bem como as normas de segurança a seguir; com isso, evidencia-se a capacidade que o estudante tem para resolver problemas e aprender conceitos científicos validados em seu contexto ([Coronado, 2024](#)).

Apesar do anterior, realizar uma experiência de laboratório é, como sustentam [Silva e Cáceres \(2024\)](#), uma maneira de se aproximar do saber científico, mas convém perguntar: a confirmação de uma hipótese é um ato mecânico de verificação ou implica um verdadeiro exercício de contrastação e reflexão? Da mesma forma, o desenho de um experimento emerge da iniciativa e do raciocínio do estudante ou é guiado passo a passo pelo professor apenas para confirmar o que já se sabe, em vez de propor novas perspectivas e hipóteses científicas de acordo com o interesse do estudante?

Indubitavelmente, tais questionamentos têm maior importância se considerarmos o que se entende por habilidades científicas complexas. Pesquisadores como [Faicán e Manzano \(2024, p. 100\)](#) afirmam que "o pensamento crítico, a resolução de problemas, as habilidades cognitivas e de comunicação, a capacidade para formular hipóteses, a experimentação e a interpretação" correspondem ao núcleo de uma competência científica autêntica e que esta não costuma se desenvolver automaticamente apenas com a realização de atividades experimentais.

Além disso, poderia considerar-se que, em muitas salas de aula do ensino secundário, as experiências realizadas nos laboratórios de ciências naturais são mais atividades meramente procedimentais sem intencionalidade formativa, em vez de serem motivadoras e úteis para ilustrar conceitos que desafiem os estudantes a pensar como cientistas. Como expôs [Ramírez \(2023\)](#), quando prevalece uma abordagem tradicional centrada na repetição e no conteúdo, até mesmo as práticas de laboratório podem ser empregadas para seguir uma lógica de memorização ou de simples verificação, desperdiçando seu potencial epistêmico.

Apesar de existir uma grande quantidade de literatura publicada com relação ao papel da experimentação na formação das habilidades básicas nos estudantes, ainda existe uma lacuna significativa na compreensão daqueles mecanismos próprios que estabelecem um vínculo entre as atividades ex-



perimentais ou práticas de laboratório e o desenvolvimento das HCOS em estudantes do ensino secundário. Sem exagerar, alguns estudos apontam para discernir o que se aprende no laboratório, mas não dirigem sua atenção para como se produz essa aprendizagem complexa nos estudantes. É de mencionar que tal distinção é de suma importância no momento de elaborar os desenhos curriculares, desenvolver planos de capacitação e formação de professores em ciências naturais e propor estratégias didáticas que podem ser empregadas no ensino das ciências naturais para os jovens nas instituições educativas.

Nesse sentido, o presente artigo tem como ponto central a seguinte questão científica: De que maneira a experimentação, quando realizada no contexto do ensino secundário, contribui realmente para a formação de habilidades científicas de ordem superior? O roteiro a seguir tem como centro de operações uma revisão sistemática da literatura publicada entre 2016 e 2026; busca-se analisar os fatores pedagógicos, contextuais e epistemológicos que determinam se uma prática de laboratório se torna um mero exercício procedimental ou uma autêntica experiência de investigação que desenvolva o pensamento científico dos estudantes.

## Metodologia

Na pesquisa, realizou-se uma revisão sistemática da literatura seguindo as diretrizes da declaração PRISMA 2020 (Page et al., 2021). A pergunta de pesquisa que guiou a revisão foi: De que maneira a experimentação no ensino secundário contribui para a formação de habilidades científicas de ordem superior (HCOS)?

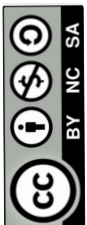
104

**Estratégia de busca.** Foram elaboradas equações de busca em inglês e espanhol combinando termos-chave com operadores booleanos (*AND*, *OR*) e caracteres curinga (\*). Os conceitos principais foram: (a) população/contexto: ensino secundário; (b) intervenção/fenômeno: experimentação ou práticas de laboratório; (c) resultado: habilidades científicas de ordem superior (pensamento crítico, resolução de problemas, formulação de hipóteses, argumentação, investigação). As equações foram aplicadas nas bases de dados *Scopus*, *Web of Science*, *ERIC*, *SciELO* e *Redalyc*, cobrindo o período de 2016 a 2026.

**Crterios de incluso e exclusão.** Foram incluídos artigos empíricos (qualitativos, quantitativos ou mistos), revisões sistemáticas e ensaios controlados, publicados em inglês ou espanhol, que abordassem a experimentação no ensino secundário e sua relação com as HCOS. Foram excluídos editoriais, resenhas de livros, estudos centrados exclusivamente no ensino primário ou universitário sem transferibilidade explícita, e aqueles que não apresentassem dados originais ou síntese metodologicamente explícita.

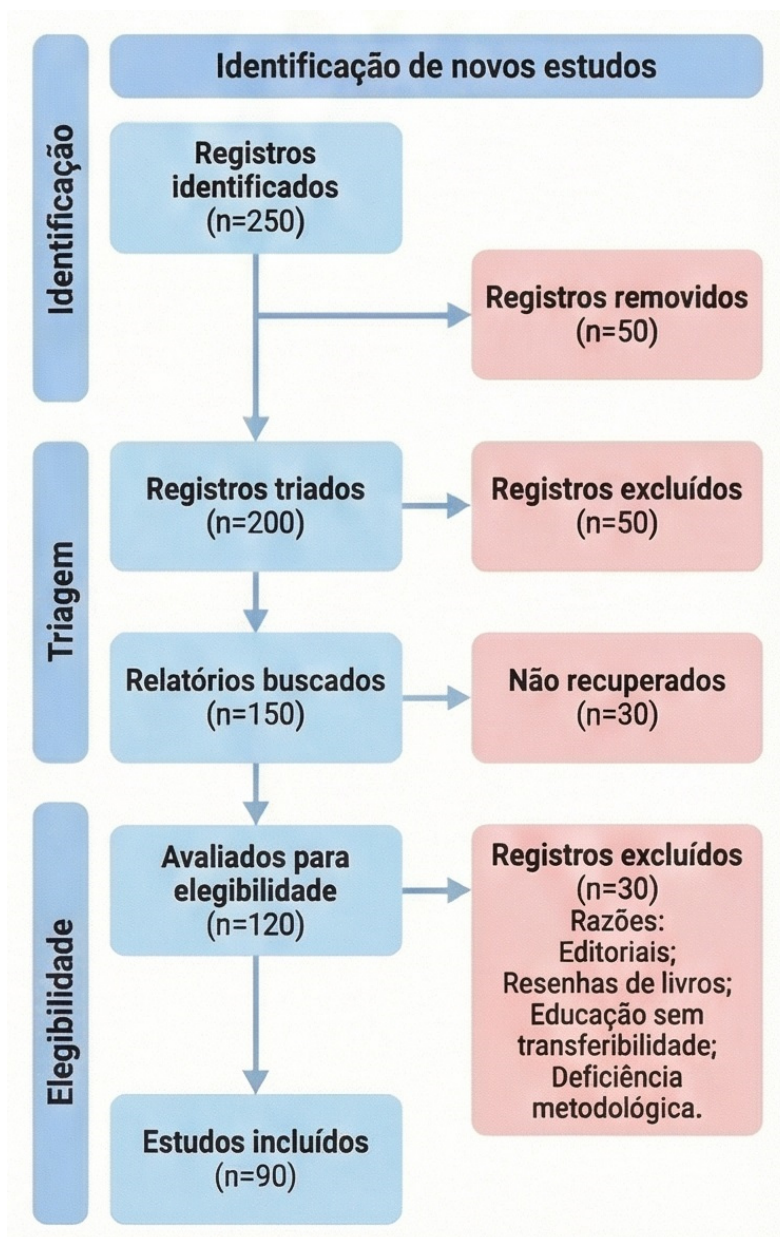
**Processo de seleção e extração de dados.** Dois revisores examinaram de forma independente títulos e resumos (fase 1), depois textos completos (fase 2). Os desacordos foram resolvidos por consenso. De cada estudo incluído foram extraídos: autor(es), ano, país, nível educacional, desenho de pesquisa, tipo de experimentação (física, virtual, mista), HCOS avaliadas, principais achados e limitações. A qualidade metodológica foi avaliada por meio da ferramenta MMAT (*Mixed Methods Appraisal Tool*) versão 2018.

**Síntese dos resultados.** Para a síntese dos resultados, realizou-se uma análise temática seguindo as fases de Braun e Clarke (2006). Um total de 250 estudos atendeu aos critérios de inclusão e foram



submetidos à análise temática. Os temas emergentes são apresentados na seção de resultados.

### Diagrama PRISMA: Processo de seleção dos estudos



Nota: Escalona e Bless (2026). Elaboração própria.

## Resultados e discussão

### Categoria 1: Andaime (ou scaffolding) na aprendizagem da investigação

Na comunidade de pesquisadores, o andaime é um constructo de singular importância na hora de levantar inquietações científicas. Não se trata de oferecer respostas imediatas, mas de oferecer os meios para a construção autônoma do conhecimento. Desde nossa perspectiva, propomos um exemplo ilustrativo: em um experimento de biologia sobre fotossíntese, o professor pode modelar o pensamento e agir como um espelho de raciocínio, provocando a dúvida:

Observo que saem bolhas saindo do ramo de Elodea através do tubo de ensaio que está na cubeta com água. O que acontecerá se eu aproximar mais a lâmpada da cubeta de vidro?

O professor também pode buscar que o estudante conecte variáveis: Se o oxigênio é produto da fotossíntese, então a velocidade com que essas bolhas são produzidas indica a velocidade de produção na planta?

Igualmente, o professor pode sugerir a medição: Jovens, como vocês acham que é a luz e não o calor da lâmpada que controla o resultado? O que vocês acham que podemos manter fixo?

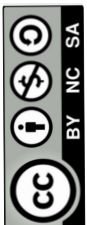
Da mesma forma, o professor pode empregar outra variante comum como "fazer e depois refletir sobre o ocorrido" (Strat et al., 2023). Nesse tipo de experiência, o estudante trabalha de forma colaborativa e ativa. Descobriu-se que, sob essa metodologia, os estudantes adquirem conhecimentos, bem como habilidades-chave. No entanto, o essencial é o apoio motivacional que o professor oferece ao estudante para realizar a experiência. Os estudos indicam que existe uma correlação positiva entre o apoio motivacional do docente e as expressões de motivação dos estudantes (Adler et al., 2018). Embora também, Zhang e Cobern (2020) tenham mencionado que é importante colocar o conteúdo científico à disposição dos alunos. A razão é que nem sempre é fácil para os estudantes desenvolver atividades baseadas na investigação sem que estejam vinculadas a conceitos científicos (Rönnebeck et al., 2016).

## **Categoria 2. Ensino científico a partir dos resultados de estudos internacionais**

Diversas publicações mencionam que, em muitos sistemas educativos, defende-se a instrução científica com ênfase na investigação, mas os estudos baseados em avaliações internacionais em grande escala frequentemente mostram que a investigação está associada negativamente ao desempenho. Aditomo & Klieme (2020) mostram uma associação positiva da investigação entre os resultados e a orientação docente. O estudo com 151.721 estudantes indica que as análises fatoriais confirmatórias de múltiplos grupos confirmam ainda que não se pode estabelecer a invariância de medição, o que sugere uma variação regional substancial no padrão de instrução baseada na investigação.

Igualmente, Aditomo & Klieme (2020) assinalam que, a nível conceitual, muitas regiões exibem um padrão contrastável entre 'Investigação guiada' e 'Investigação independente'. A investigação está associada positivamente aos resultados quando incorpora a orientação docente e negativamente quando não. No entanto, a força das associações positivas é mais forte nas regiões onde a investigação guiada é medida com menos itens que se referem a atividades centradas nos estudantes. Tais resultados correspondem ao que propõem as teorias atuais sobre o papel do andaime na aprendizagem da investigação.

Outras pesquisas internacionais revelam que, no ensino das ciências experimentais, um aspecto fundamental a considerar é a formação didática do professorado. Nessa perspectiva, Ríos (2021) propõe a necessidade de considerar a realidade onto-epistemológica e gnoseológica da ciência a ser ensinada, sem descuidar da articulação com a Filosofia da Ciência e Metodologia a partir do realismo



ético (Quijano et al., 2022). Desde as duas últimas décadas do século XX, ocorreu uma virada epistemológica na didática da ciência e passou-se de um positivismo para considerar como o professorado deve assumir posições diante de fenômenos da realidade, ou seja, ver as repercussões sobre a incidência da pesquisa científica neles e tomar decisões "sociocientíficas" a respeito (Adúriz e Ariza, 2012). As propostas realizadas representam ir de procedimentos lógico-positivistas para um humanismo cívico (De Hoyos, 2020).

A situação apresentada abre caminho para a necessidade (e ao mesmo tempo dificuldade) de que a filosofia da ciência e as metaciências, juntamente com as ciências experimentais, deixem de lado essa desconfiança entre elas, porque se perde algo fundamental quando se ignora a outra. Nesse sentido, é necessária a colaboração entre cientistas das metaciências e das ciências objeto de ações disciplinares. No entanto, tal aproximação não é fácil de alcançar. Por um lado, há filósofos que menosprezam o trabalho de laboratório. Para eles, não é importante saber o que os cientistas estudam ou a maneira como o fazem. Daí que essa práxis científica não é relevante. Talvez por essa razão o seu processo eidético seja apenas mental, com um grau de abstração cuja base são as ideias, e as teorias construídas estão fora de uma conexão com a realidade empírica.

Do outro lado, estão os cientistas das ciências experimentais que diminuem a importância dos benefícios que a filosofia representa em um contexto onde domina a hiperespecialização. Ora, do nosso ponto de vista, o problema que isso traz para os professores de ciências experimentais é tomar partido de um desses extremos descritos. Portanto, o desafio para os professores do ensino secundário em ciências naturais não está em escolher entre métodos de investigação guiados ou independentes, mas também em superar a falsa dicotomia entre a filosofia e a prática científica.

Logicamente, é necessário pensar na formação de competências científicas de ordem superior como o pensamento crítico, a modelização ou a argumentação. Para isso, é preciso partir de uma abordagem integradora que combine o rigor experimental com a reflexão epistemológica. Em outras palavras, os professores devem ser capazes de desenhar experiências de aprendizagem onde os estudantes não apenas manipulem variáveis, mas também questionem a natureza do conhecimento científico, seus métodos e suas implicações sociais. Só assim se poderá avançar em direção a uma educação científica que forme cidadãos capazes de participar de debates sociocientíficos com uma compreensão profunda e contextualizada da ciência.

### **Categoria 3. Resolução de problemas a partir de experiências individuais colaborativas**

Existem diferentes pesquisas que afirmam que a competência de resolver problemas tem grande importância tanto no âmbito acadêmico quanto profissional. De fato, uma pergunta recorrente nas aulas de ciências naturais, pela nossa experiência com os jovens do ensino secundário e até na própria universidade, são estas duas perguntas: "E esse conteúdo para que nos serve na vida real?" "Que utilidade tem nas coisas que fazemos em nossas vidas?" Essas duas perguntas sempre desequilibram os planejamentos das unidades didáticas dos professores e geram, em alguns casos, respostas pouco



satisfatórias para os jovens e, para os professores, um olhar crítico sobre o currículo que lhes é oferecido pelos ministérios da educação.

Os jovens sempre estabelecem conexões desse conhecimento com o seu mundo da vida. No entanto, os conteúdos estão fragmentados e explicados a partir da visão das disciplinas. Os professores raramente contextualizam e dão pouca importância ao questionamento e às implicações que os conteúdos têm. Embora os fundamentos epistemológicos dos desenhos curriculares contenham aspectos sobre a aprendizagem significativa e o construtivismo em sala de aula, esses aspectos ficam no documento oficial e os professores assumem o papel de transmissão e reprodução do conhecimento como eixo central, deixando de lado o olhar crítico e a participação dos estudantes, transformando-os em entes passivos do seu processo de aprendizagem.

Este cenário descrito sugere a necessidade de mudança. Nos Estados Unidos, foi proposto que um programa de excelência requer "um ensino eficaz que envolva os estudantes em sua aprendizagem significativa por meio de experiências individuais e colaborativas" (National Council of Teachers of Mathematics, 2014 citado por [Koskinen & Pitkäniemi, 2022, p. 2](#)). O fato de isolar o conhecimento apenas ao âmbito da ciência faz com que o estudante não compreenda a relação que este tem com o seu mundo da vida e menos ainda que desenvolva a competência de raciocínio. [Cruz \(2021, p. 55\)](#) expõe que "os professores devem ser capazes de criar práticas inovadoras no ensino". Igualmente, [Cruz e Cabero \(2020\)](#) sugerem que uma das vias para alcançar essa aprendizagem significativa é a resolução de problemas. Por meio dela, implementa-se a criatividade na aprendizagem de forma ativa, personalizada e dinâmica. Mas não somente isso: os estudantes também se tornam agentes ativos da aprendizagem, tomam decisões e deixam de ser entes reprodutores de conhecimentos.

Agora, o que é preciso fazer para implementar um ensino fundamentado na resolução de problemas de forma eficaz em ciências naturais? Do nosso ponto de vista, acreditamos que uma forma seria prestar atenção ao que sugerem certos documentos como o Programa Internacional de Avaliação de Alunos (PISA). Uma revisão deste documento nos permite fazer algumas considerações importantes com respeito ao ensino das ciências.

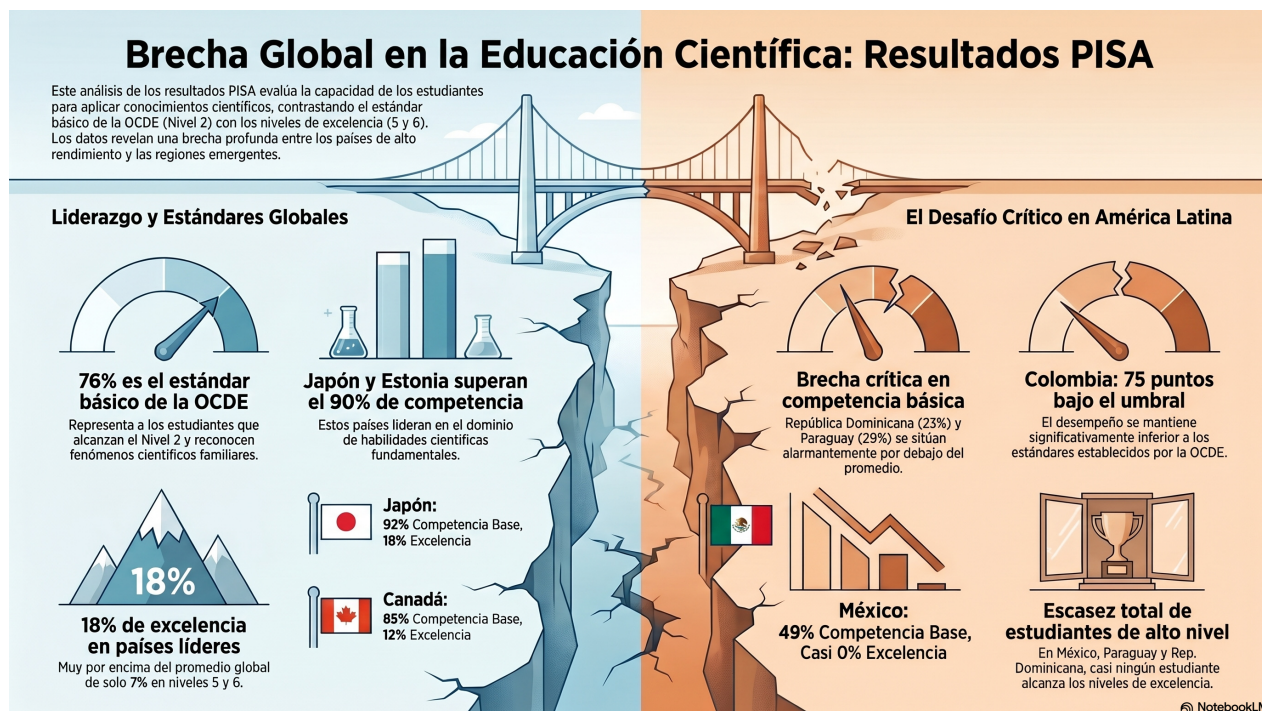
No nível 2, ou seja, onde os estudantes são capazes de reconhecer a explicação correta de fenômenos científicos familiares e podem utilizar esse conhecimento para identificar, em casos simples, se uma conclusão é válida em função dos dados fornecidos; verificamos que é muito preocupante a situação em países como a Colômbia, que se situa entre os de mais baixo desempenho, cerca de 75 pontos abaixo do limiar estabelecido pela [OCDE \(2019\)](#). A Argentina tem apenas 46% de seus estudantes, Brasil 45%, República Dominicana 23%, México 49%, Peru 47%, Panamá 38%, Paraguai 29%, em comparação com os 76% que a OCDE tem em média. No entanto, Turquia tem 75%, Estados Unidos 78%, Vietnã 79%, Canadá 85%, Coreia 86%, Estônia 90% e Japão 92%.

Agora, no que diz respeito aos níveis 5 ou 6, onde os estudantes podem aplicar de forma criativa e autônoma seus conhecimentos de e sobre a ciência a uma ampla variedade de situações, incluindo

outras desconhecidas, a média da OCDE é de 7%. Brasil, Panamá e Peru alcançam apenas 1%. Colômbia não aparece refletida. Chile 2%. República Dominicana, México, Paraguai: quase nenhum estudante obteve os melhores resultados em ciências. A seguinte infografia nos permite ilustrar o que apresentamos.

Figura 1

## Resultados do PISA



Nota. Elaborado no NotebookLM com base em dados de [Lerma et al. \(2023\)](#), [OCDE \(2018, 2023\)](#) e [PISA 2022](#). Infografia baseada nos resultados do PISA 2022. Os dados são universais e a infografia está em espanhol, mas sua compreensão é imediata: 76% dos estudantes globais alcançam o nível 2 (competência básica); apenas 7% alcançam os níveis 5 ou 6 (excelência). Japão: 92% (nível 2+) e 18% (excelência); Canadá: 85% e 12%; México: 49% e 0%; Colômbia: 75 pontos abaixo do limiar da OCDE; República Dominicana: 23%; Paraguai: 29%.

## Categoria 4. Projetar, fazer e testar como uma virada para a aprendizagem ativa e a materialização do conhecimento

Um dos aspectos importantes que ocorrem no ensino das ciências naturais é propiciar a oportunidade para projetar, fazer e testar. Isso implica superar a observação ou verificação de hipóteses e percorrer o processo de construção do conhecimento. Esse princípio tem sua raiz na cultura maker e nas metodologias ativas STEM. [Lidueña e Alcocer \(2025, p. 311\)](#) argumentam que a cultura maker se centra na criatividade, "na colaboração e na resolução de problemas reais, não apenas melhoram o desempenho acadêmico, mas também promovem a equidade educativa e o desenvolvimento de competências essenciais para o século XXI".

Logicamente, essas habilidades científicas são de ordem superior e entre elas podem-se mencionar

a criatividade, a resolução de problemas complexos e o pensamento crítico, porque os estudantes são arquitetos de seu próprio experimento ou projeto. Deixar que a práxis docente transcorra dessa forma significa passar de uma prática de laboratório estruturada que muitas vezes se desenvolve seguindo uma marcha analítica e registrando em um manual ou guia de laboratório cada experiência, ou seja, apenas seguir o roteiro predefinido. No entanto, "projetar, fazer e testar" implica um ciclo iterativo de ideação, construção, erro, reflexão e redesenho.

[Domínguez \(2023\)](#) afirma que a cultura maker parte da ideia que se formaliza como "faça você mesmo" e "faça com outros". Epistemologicamente, o conhecimento é visto então como uma construção, daí se vincular ao construcionismo, uma teoria da aprendizagem proposta por Seymour Papert. Ora, nesse processo de construção coletiva, intervêm as redes sociais reais ou virtuais para compartilhar o conhecimento criado. A maioria das pessoas costuma acessar essas redes onde encontra apoio ou orientação. O interessante é que posteriormente o conhecimento criado é deixado de forma aberta para que seja acessível a outras pessoas e se possam encontrar melhores soluções ([Domínguez, 2021](#)). [Morales e Dutrénit \(2017\)](#) sintetizam dizendo que o movimento Maker está envolvido nos processos de geração, transferência e uso do conhecimento.

Precisamente, um estudo que materializa essa filosofia da cultura maker foi realizado por Zulfa e [Adam \(2025\)](#) na Indonésia com estudantes do ensino secundário, onde implementaram a Aprendizagem Baseada em Projetos integrada com STEM (PjBL-STEM) por meio do ensino de química, nos conteúdos de eletroquímica. Esses pesquisadores melhoraram os resultados de aprendizagem e desenvolveram Habilidades de Pensamento de Ordem Superior (análise, síntese e avaliação, etapas cognitivas chave que os levaram a uma compreensão holística). Além dos experimentos, eles projetaram e completaram projetos autênticos, onde o "fazer" foi guiado por uma pergunta ou problema real que permitiu a integração da engenharia e da tecnologia no desenho experimental como um veículo poderoso para o pensamento complexo. Com esse projeto, ficou claro que não é necessário ter um laboratório caro e especializado, mas que, ao projetar, pode-se reconfigurar objetos familiares com propósitos científicos. Esse fato permite que os estudantes compreendam conceitos e princípios físicos com maior profundidade do que um aparelho ou equipamento de laboratório permitiria.

Na mesma perspectiva, recentemente na Universidade da Malásia integraram o projeto com a ação, mas a partir da inovação social e acessibilidade no projeto "*Toying with Science*". Através da experiência, os estudantes participaram da cocriação de módulos de aprendizagem. Finalmente, a estratégia empregada permitiu despertar o interesse pelas disciplinas STEM e facilitou a assimilação de habilidades transferíveis essenciais como a perseverança, o pensamento crítico, a criatividade e o trabalho em equipe ([Universiti Malaya, 2025](#)).

Na linha de discussão apresentada, a dimensão tecnológica também oferece novas possibilidades no ciclo de "projetar, fazer e testar", especialmente se os recursos físicos são limitados. Pesquisas realizadas na Nigéria mencionam o impacto dos laboratórios virtuais em biologia, química e física em estudantes do ensino secundário. Os resultados confirmam diferenças significativas nas habilidades de resolução de problemas entre estudantes que utilizaram simulações virtuais em comparação com

aqueles que receberam ensino tradicional (St. Clair et al., 2024). Da mesma forma, os estudantes são capazes de modificar variáveis, projetar novos parâmetros e testar hipóteses em ambientes simulados de maneira iterativa, desenvolvendo a capacidade de raciocínio científico sem a barreira da disponibilidade de insumos físicos. No entanto, a experiência tátil não deve ser completamente substituída, mas sim ser complementar. Igualmente, é necessário um andaime que oriente o pensamento dos estudantes.

### **Categoria 5. A formação em STEM ou STEAM**

Nesta categoria, de acordo com as pesquisas encontradas, focamos nas estratégias didáticas e ambientes tecnológicos para o desenvolvimento das HCOS. Essas estratégias são de andaime e mediação tecnológica e permitem alcançar uma experimentação reflexiva de ordem superior, ou seja, vai-se além da experimentação procedimental ou manipulação de instrumentos baseada em receitas (St. Clair et al., 2024).

No caso de países onde se tem infraestrutura física limitada, como já mencionado em parágrafos anteriores, também em casos de existirem lacunas na formação docente, como é o caso da Colômbia e do Equador, é necessária uma virada epistemológica no ensino das ciências naturais. Ou em situações como a vivida com a pandemia de COVID-19, onde os estudantes não podiam assistir às suas aulas e foram implementados laboratórios virtuais (Gamage et al., 2020), não se deve pensar que são um substituto, mas sim um ambiente valioso para a modelagem científica e o raciocínio baseado em evidências (Solbes et al., 2025).

Por sua vez, Meronda et al. (2025, p. 2020) sustentam que: "Os laboratórios virtuais surgiram como uma inovação significativa na educação científica, enriquecendo as experiências de aprendizagem, aprofundando a compreensão conceitual e proporcionando um acesso mais flexível e seguro aos experimentos". É importante mencionar que essas ferramentas tecnológicas permitem que o estudante se concentre na argumentação científica e na tomada de decisões críticas no caso de dados inesperados, habilidades que definem o cidadão alfabetizado cientificamente no século XXI.

Raman et al. (2022) e Zhang et al. (2024) mencionam que esses laboratórios são soluções eficazes para os desafios da aprendizagem moderna. Enquanto Chen e Wang (2023) sustentam que eles fomentam a motivação, o entusiasmo e a criatividade entre os estudantes. Bazie et al. (2024), ao se referirem aos laboratórios virtuais, afirmam que nos cursos práticos de química oferecem simulações eletrônicas que replicam experiências de laboratório reais.

Estudos recentes confirmam que atualmente existe uma transição dos modos tradicionais para os modos on-line, facilitada por simulações interativas (Vo & Simmie, 2025). Dessa maneira, o desafio do professor consiste em transformar o laboratório em um espaço de investigação explícita, onde o erro e a resistência dos materiais sejam o motor do pensamento crítico e não um obstáculo para a aprendizagem.

Desde nossa perspectiva, consideramos que é necessário capacitar os estudantes para avaliar a validade das afirmações. O laboratório de ensino secundário é o lugar ideal para praticar essa alfabetização científica midiática. Com o projeto de seus próprios experimentos, os alunos aprendem a

identificar vieses, a controlar variáveis e a compreender que a ciência não oferece verdades absolutas, mas sim conclusões respaldadas por evidências. Esse processo eleva a atividade de uma habilidade de baixa ordem (memorização de etapas) para uma de ordem superior (avaliação e síntese). O maior obstáculo epistemológico que geralmente se apresenta no ensino secundário é que alguns docentes se sentem muito confortáveis com laboratórios de confirmação (onde o resultado já é conhecido), mas sentem medo da incerteza de um laboratório aberto baseado em problemas.

#### Categoria 6. A contextualização da aprendizagem

Há alguns anos em Hong Kong, apesar de ser pioneiro nos resultados do PISA, ocorreram várias reformas curriculares porque, como expressou [Kwok \(2018, p. 533\)](#): "Nossos estudantes têm sucesso nos exames, mas não sabem até que ponto a ciência e a matemática são relevantes para suas vidas". Essa expressão conduz a uma reflexão de grande valor: como propor o desenvolvimento da aprendizagem significativa e acessível a todos os estudantes, especialmente no ensino secundário? A via não é outra senão a contextualização da aprendizagem.

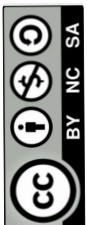
A esse respeito, [Hüfner et al. \(2025, p. 1\)](#) sustentam que "A educação científica baseada no contexto (CBSE) tem desempenhado um papel central na reorientação da alfabetização científica para todos os estudantes". Agora, a ideia de usar o contexto como ponto de apoio para o fim pedagógico considera que os conteúdos estão conectados com fenômenos cotidianos, problemas sociais e as experiências prévias dos estudantes.

112

Nessa ordem de ideias, [Fayzullina et al. \(2023, p. 2\)](#) afirmam que "a aprendizagem baseada em contexto se tornou uma estratégia educacional de vanguarda que busca fechar a lacuna entre os conceitos científicos teóricos e suas aplicações no mundo real". Além disso, a aprendizagem baseada em contexto é amplamente valorizada para a educação na comunidade científica ([Sevian et al., 2018](#)). Igualmente, os estudos indicam que o contexto, como ambiente de aprendizagem e construção social, sustenta-se por interações contínuas ([AlabdulRazzak et al., 2018](#)).

No ensino das ciências, a aprendizagem baseada em contexto é reconhecida como um método promissor ([Nagarajan & Overton, 2019](#)). Mas, além disso, fala-se dos currículos de ciências baseados em contexto ([Fensham, 2009](#)). Nesse sentido, a contextualização torna possível que os conteúdos deixem de ser complexos e se convertam em uma ponte entre a aprendizagem escolar e a vida real; logicamente, isso desperta o interesse dos estudantes e facilita a compreensão da ciência ([Aydin-Ceran, 2021](#)).

Nesse sistema, começa-se com um contexto sociocultural familiar para o estudante; cada conceito é ensinado a partir daí, mas realmente a eficácia do processo se reflete quando o estudante é capaz de associar os conceitos ensinados a outros contextos mais complexos ([Aydin-Ceran, 2018](#); [DeGiro-lamo et al., 2024](#)). Essa situação faz surgir uma "necessidade de saber" para explicar os fenômenos científicos que são estudados. Por essa razão, é necessário saber os conceitos e princípios subjacentes para esclarecer as perguntas desencadeadas pelo contexto. Esse fato faz com que os estudantes se envolvam em seu próprio processo de aprendizagem ([Vogelzang & Admiraal, 2017](#)). Os estudos mostram que os estudantes conectam o conhecimento acadêmico com a vida cotidiana através de aplicações práticas ([Demelash et al., 2024](#)).



No caso de estudantes do ensino secundário, do nosso ponto de vista disciplinar, tanto a biologia quanto a física e a química se apresentam como domínios férteis para a aprendizagem baseada em contextos, devido à existência de muitos fenômenos do mundo real que têm conexão com os conteúdos trazidos pelos desenhos curriculares. Por exemplo, em biologia, pode-se contextualizar a realização de experimentos de laboratório com problemáticas como a resistência aos antibióticos, a biodiversidade do ambiente próximo onde vivem os estudantes. Também se podem considerar as mudanças que ocorrem nos ecossistemas locais; isso serviria para que os estudantes formulem hipóteses baseadas em observações autênticas, projetem pequenas amostragens e argumentem utilizando evidências ecológicas e fisiológicas. No que diz respeito à física, pode-se trabalhar com contextos como a eficiência energética no lar, a segurança viária. Da mesma forma, podem-se realizar projetos de dispositivos tecnológicos simples que transformam a medição de variáveis e a aplicação de leis físicas em um exercício de modelagem e tomada de decisões fundamentadas.

De maneira similar, em química, é possível fazer a contextualização através da análise da qualidade da água, da composição dos alimentos ou dos processos de reciclagem; isso impulsiona os estudantes a conectar conceitos abstratos com práticas de investigação que exigem pensamento crítico e criatividade. Em todos os casos, a contextualização não se esgota em uma anedota inicial; seu potencial formativo se desdobra quando se torna o eixo estruturador de toda a sequência didática, promovendo processos de investigação que exigem não apenas a aplicação de procedimentos, mas também a formulação de perguntas pertinentes, a avaliação de evidências e a construção de argumentos com base científica.

Precisamente, são estes últimos que constituem o núcleo das HCOS. Portanto, a contextualização não é um adorno pedagógico; ao contrário, é um andaime epistêmico que dota de sentido a prática experimental e mobiliza processos cognitivos complexos, imprescindíveis para formar cidadãos capazes de intervir criticamente em sua realidade. Assim, a partir de uma perspectiva teórica, a aprendizagem situada constitui um dos quadros que fundamentam a contextualização. [Ojo \(2025\)](#), ao investigar o ensino de conceitos de genética no ensino secundário na Nigéria, empregou essa teoria para demonstrar que, quando os conteúdos científicos são abordados em contextos autênticos e vinculados a controvérsias sociocientíficas (como a clonagem reprodutiva ou a modificação genética), os estudantes desenvolvem atitudes mais positivas em relação a conceitos que tradicionalmente resultam abstratos ou distantes.

### **Categoria 7. A necessidade de oferecer espaços de intercâmbio e reflexão para tornar visível o pensamento**

A necessidade de oferecer espaços de intercâmbio e reflexão para tornar visível o pensamento constitui uma categoria fundamental na formação de HCOS no ensino secundário. Como assinalam [García e Moreno \(2019, p. 149\)](#), é prioritário "implementar práticas experimentais em sala de aula, especialmente no nível da educação básica, onde as habilidades de curiosidade e observação se configuram como um elemento chave na articulação do biológico e do social". Essas práticas a desenvolver, de acordo com o Projeto Zero da Universidade de Harvard, têm seu fundamento em "uma rotina de pensamento chamada penso-pergunto-exploro, que faz com que os estudantes compartilhem o que pensam sobre um tema, identifiquem perguntas que os intrigam e indiquem direções para explorar" ([Ritchhart e Perkins, 2008, p. 57](#)).



Embora esse pensamento se desenvolva na mente da pessoa e seja invisível para ela mesma e para os outros, ele se externaliza quando o pensador manifesta suas ideias através da fala, da escrita, do desenho ou de outros meios, permitindo assim dirigir e melhorar seus próprios processos cognitivos. No entanto, essa externalização não é um mero exercício de comunicação, mas uma condição epistêmica para o desenvolvimento do pensamento crítico e da metacognição.

Trabalhos de pesquisa recentes confirmaram que a criação deliberada de espaços dialógicos na sala de aula de ciências potencializa significativamente as habilidades de ordem superior. [Wijesekera & Hameed \(2025\)](#), em um estudo de intervenção em salas de aula de ciências e Instrução Média em Inglês no Sri Lanka, onde tradicionalmente predomina a aprendizagem memorística orientada a exames que limitam o pensamento crítico e o engajamento cognitivo significativo, implementaram duas estratégias específicas: o questionamento "O que aconteceria se...?" (*What If*) e a observação com perguntas "Noto e me pergunto..." (*Notice and Wonder*) dentro de grupos colaborativos. Os resultados mostraram uma melhoria substancial no pensamento de ordem superior: o pensamento crítico, a capacidade de resolução de problemas e o engajamento cognitivo profundo dos estudantes. Além disso, observou-se uma maior curiosidade e disposição para abordar conceitos científicos complexos, mesmo em contextos onde o idioma de instrução (inglês) representava uma barreira adicional.

Nesta categoria analítica, um elemento importante que emergiu na bibliografia revisada é que o andaime discursivo é fundamental para que esses espaços de intercâmbio sejam efetivos. Um estudo sobre os efeitos da abordagem de ensino baseada em argumentação na disposição ao pensamento crítico e nas habilidades de argumentação dos estudantes, bem como a relação entre as habilidades de argumentação e a disposição ao pensamento crítico em estudantes do ensino secundário na Turquia ([Meral et al., 2021](#)).

O trabalho citado demonstrou que: (a) O ensino baseado em argumentação melhora a disposição ao pensamento crítico. Este fato é fundamental do nosso ponto de vista porque não basta que os estudantes tenham habilidades, é necessário que tenham disposição para usá-las. A disposição ao pensamento crítico é um requisito prévio para que as HCOS sejam ativadas. "A abordagem de ensino baseada em argumentação teve um efeito positivo na disposição ao pensamento crítico dos estudantes" ([Meral et al., 2021, p. 17](#)). (b) A argumentação não é espontânea: necessita de prática explícita e sustentada. Já indicamos neste artigo que muitos professores assumem que a experimentação desenvolve automaticamente as HCOS. Este estudo demonstra que, sem um andaime deliberado (como as rotinas de argumentação), os estudantes permanecem em níveis baixos. (c) A argumentação prediz o pensamento crítico. Nós consideramos que, se a experimentação for acompanhada de atividades argumentativas como projetar, fazer, testar, STEM, pode-se potencializar as HCOS. Além disso, como foi evidenciado: "As habilidades de argumentação explicaram 34% da variação na disposição ao pensamento crítico" ([Meral et al., 2021, p. 17](#)). Isso significa que trabalhar a argumentação tem um impacto direto e mensurável no pensamento crítico.

**Privacidade:** Não se aplica.

**Financiamento:** Este trabalho não recebeu nenhum tipo de financiamento.

**Conflito de interesses:** Os autores declaram não ter nenhum conflito de interesses.

Declaração sobre uso de inteligência artificial: Os autores do presente artigo declaram que não empregaram Inteligência Artificial em sua elaboração, exceto na figura 1 do artigo.

### Conclusões

Ao longo desta revisão sistemática, foi possível evidenciar que a experimentação no ensino secundário, embora constitua um componente ineludível na formação científica dos estudantes, não é suficiente por si só para desenvolver as denominadas HCOS. As práticas de laboratório tradicionais, frequentemente centradas na verificação de hipóteses e no seguimento estrito de protocolos, tendem a fomentar habilidades básicas como a manipulação de instrumentos ou a medição de variáveis, mas deixam em segundo plano processos cognitivos complexos como o pensamento crítico, a argumentação fundamentada ou a resolução criativa de problemas. Esta constatação convida a superar a ideia de que o simples fato de realizar experimentos garante automaticamente uma aprendizagem profunda e significativa.

Conclui-se também que o papel do docente neste contexto é um fator determinante para que a experimentação alcance seu verdadeiro potencial epistêmico. Não basta que os estudantes sigam instruções ou confirmem resultados esperados; é necessário um andaime explícito por parte do professor, que inclua a modelagem do pensamento científico, a formulação de perguntas investigáveis, a conexão entre variáveis e um apoio motivacional sustentado. Os achados revisados concordam que a orientação pedagógica deliberada transforma uma atividade meramente procedimental em uma autêntica experiência de investigação, onde o erro se transforma em oportunidade de aprendizagem e a curiosidade em motor do conhecimento.

Da mesma forma, identificou-se que a contextualização da aprendizagem e a adoção de abordagens como a cultura maker ou as metodologias STEM e STEAM potencializam significativamente o desenvolvimento das HCOS. Quando os experimentos se vinculam a problemas reais do entorno dos estudantes, a situações cotidianas ou a desafios sociais autênticos, a ciência deixa de ser um conjunto de conceitos abstratos para se tornar uma ferramenta viva de interpretação e transformação da realidade. O ciclo de projetar, construir e testar, característico do movimento maker, promove um pensamento iterativo, criativo e colaborativo que dificilmente se alcança com as práticas de laboratório convencionais.

Igualmente, conclui-se que existe uma estreita relação entre a argumentação e o pensamento crítico. Os estudos analisados demonstram que o ensino explícito da argumentação científica não apenas melhora a capacidade dos estudantes para sustentar suas afirmações com evidências, mas também explica uma parte substancial da variação na disposição ao pensamento crítico. Isso significa que fomentar espaços de intercâmbio dialógico, rotinas de perguntas como "o que aconteceria se...?" ou estratégias de observação reflexiva não são atividades complementares, mas componentes centrais de qualquer proposta didática que aspire a formar cidadãos cientificamente alfabetizados.

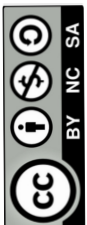
Finalmente, torna-se evidente que, apesar do consenso teórico sobre os benefícios da experimentação, persistem importantes lacunas estruturais e formativas na América Latina que limitam seu impacto. A falta de laboratórios equipados, as dificuldades de conectividade e, sobretudo, a escassa formação docente em abordagens de investigação e argumentação mantêm muitas salas de aula ancoradas em práticas tradicionais centradas na repetição e no conteúdo. Superar essas limitações requer não apenas investimento em infraestrutura, mas também uma mudança profunda na formação inicial e continuada do professorado de ciências naturais, de modo que a experimentação se converta realmente em um veículo para o desenvolvimento de habilidades científicas de ordem superior e não em um mero exercício de verificação.



Declaração de autoria CRediT	
Autor	Papel desempenhado
OEV	Redação – revisão e edição, Redação – rascunho original, Supervisão, Conceituação.
VBG	Recursos, Administração do projeto, Investigação, Curadoria de dados.

## Referências

- 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. e 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-Kwafi, 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 skills* (Doctoral dissertation, Doctoral dissertation). Gazi University, Ankara. Retrieved From <https://tez.yok.gov.tr>
- Bazán, A. e 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](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. Csiszárík-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](https://www.isres.org/books/chapters/CSSS2021-Ch_11_03-01-2022.pdf)
- 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/revistaacsb.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](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>

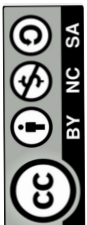


- Faicán, J. F. e Manzano, V. R. (2024). Investigación abierta en la práctica de laboratorio y el aprendizaje de la Química en los estudiantes de bachillerato. *Revista Cátedra*, 7(1), 97-111. <https://doi.org/10.29166/catedra.v7i1.4474>
- Fay, M. E., Grove, N. P., Towns, M. H., & Bretz, S. L. (2007). 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>
- 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. *EU-RASIA 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). *Educación de 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/Educacion-Mentes-Curiosas-Melina-Furman.pdf>
- Gallardo, G. M., Fernández, N. M., Sepúlveda, R. M. P., Serván, M.-J., Yus, R. e 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. e 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>
- González, V. A. R., Salazar, G. C. e 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., Liliyasi, 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. e 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](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.
- 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., & Pitkänemi, 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/s41550-018-0510-4>
- Nentwig, 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. e 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. e 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. e 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](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>



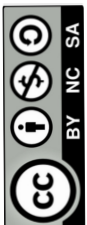
- Meronda, D. A., Widarti, H. R. & Yahmin. (2025). Virtual laboratories in science education: A systematic review of effectiveness on conceptual understanding and learning outcomes. *Journal Pendidikan MIPA*, 26(3), 2020–2042. <https://doi.org/10.23960/jpmipa.v26i3.pp2020-2042>
- Morales, M. Y. M. e 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. e 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
- OECD. (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. e 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. e 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](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](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](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](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](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](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](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\\_85fccc46-en.html](https://www.oecd.org/en/publications/pisa-2022-results-volume-i-and-ii-country-notes_ed6fbcc5-en/panama_85fccc46-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](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](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](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](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](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](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. <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? *Teaching 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. e Cáceres, M. M. L. (2024). El experimento como estrategia para el acercamiento al saber científico-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. e 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://rissu.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>
- Wijsekera, 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 e 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>

**Data de receção do artigo:** 3 de fevereiro de 2026

**Data de aceitação do artigo:** 24 de fevereiro de 2026

**Data de aprovação para diagramação:** 3 de abril de 2026

**Data de publicação:** 30 de junho de 2026

---

## Notas sobre os autores

\* Omar Escalona Vivas é Dr. em Ciências da Educação (Universidad Nacional Experimental Simón Rodríguez), Pós-doutor em Processos Sintagmáticos da Ciência (International Lifelong Learning University, ILLU – Centro Internacional de Estudios Avanzados, CIEA-SYPAL), licenciado em Ciências Biológicas (Universidad Católica del Táchira). E-mail de contato: [omar.escalona@iesip.edu.ve](mailto:omar.escalona@iesip.edu.ve)

\*\* Víctor Bless Gutiérrez é Dr. em Ciências Pedagógicas (Universidad de Ciencias Pedagógicas) e Dr. em Ciências Matemáticas (Universidad de Oriente). Departamento de Pós-Graduação e Investigação da Faculdade de Tecnologia da Saúde (FATESA), vinculada à Universidad de Ciencias Médicas de La Habana (UCMH), La Habana – Cuba. E-mail de contato: [vblessgutierrez@gmail.com](mailto:vblessgutierrez@gmail.com)

