UPEC

POLITÉCNICA DEL CARCHI

EDUCAMOS PARA TRANSFORMAR EL MUNDO

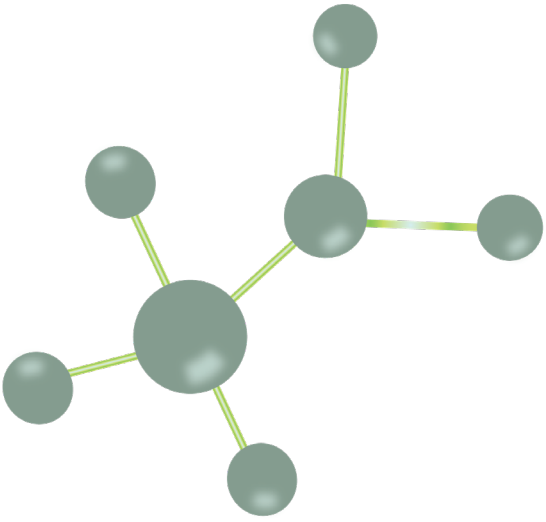
Didáctica transformadora de las ciencias naturales:

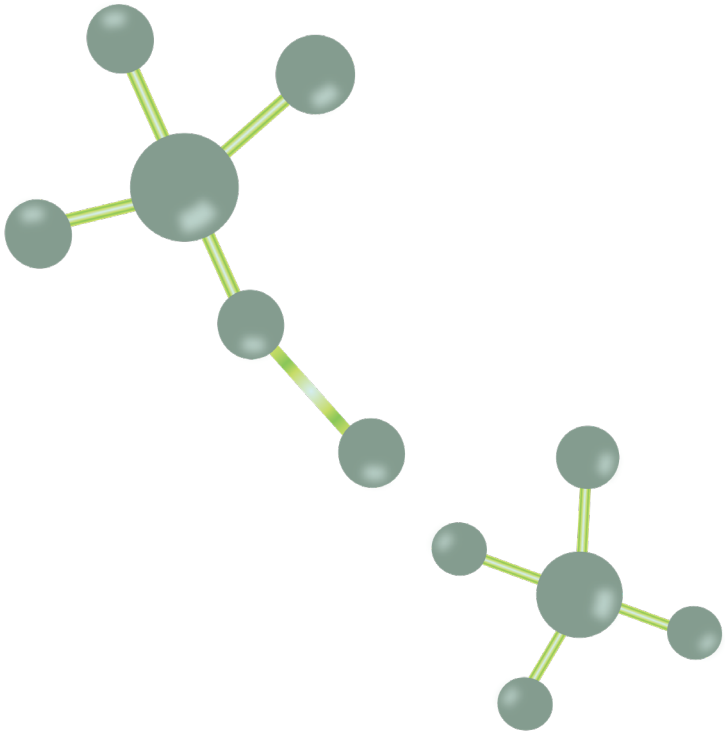
fundamentos y métodos para una enseñanza innovadora

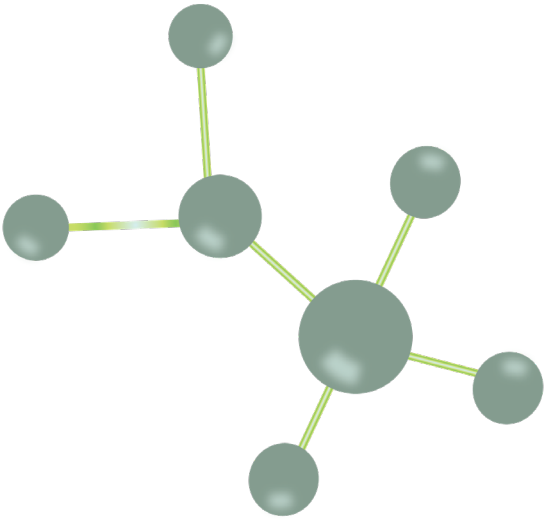
Paúl Dután

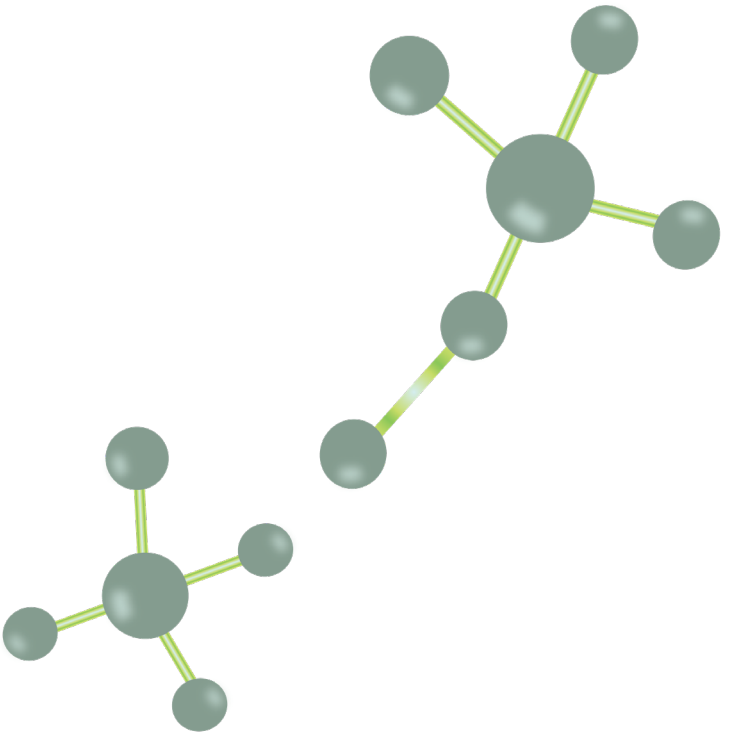


COLECCIÓN CÁTEDRA









Didáctica transformadora de las ciencias naturales: fundamentos y métodos para una enseñanza innovadora

Facultad de Ciencias de la Salud y Ciencias de la Educación

Carrera de Educación Básica

Universidad Politécnica Estatal del Carchi

Paúl Dután

Didáctica transformadora de las ciencias naturales: fundamentos y métodos para una enseñanza innovadora

POLITÉCNICA DEL CARCHI
UNIDAD DE PRODUCCIÓN CIENTÍFICA Y DIFUSIÓN ACADÉMICA

Dután Criollo, P. (2026). *Didáctica transformadora de las ciencias naturales: fundamentos y métodos para una enseñanza innovadora.* Unidad de Producción Científica y Difusión Académica.
1. Educación 2. Didáctica de las ciencias experimentales
Clasificación Thema: PSAJ - Evolución
Clasificación Dewey: Materia: 507- Educación. Investigación. Temas relacionados con las ciencias naturales

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI
Dr. Jorge Mina – Rector
Dra. Gladys Urgilés – Vicerrectora Académica
Dr. Hernán Benavides – Vicerrector de Investigación e Innovación y Vinculación con la Sociedad

PROCESO EDITORIAL
Dr. Marco Burbano – Director de Investigación e Innovación
MSc. Johana Morillo – Jefa de la Unidad de Producción Científica y Difusión Académica
Lic. Dody Haro – Diagramación y diseño
Lic. Tatiana Meneses - Corrección de estilo
MSc. Diana Ruiz - Editora

AVAL ACADÉMICO
MSc. Kelly Eliana Abad Brito – UNIVERSIDAD NACIONAL DE EDUCACIÓN
MSc. Virginia Concepción Lema Tixi – UNIDAD EDUCATIVA CIUDAD DE CUENCA

DATOS DE PUBLICACIÓN
Título: Didáctica transformadora de las ciencias naturales: fundamentos y métodos para una enseñanza innovadora
Autores: MSc. Paúl Dután
Diseño de portada: Lic. Dody Haro
Comentario de la solapa: Paúl Dután
DOI: https://doi.org/10.32645/9789942625830
ISBN PDF: 978-9942-625-83-0
ISBN EPUB: 978-9942-625-84-7
Disponibilidad digital: https://www.publicacionesupec.org/index.php/carchi
Edición: Primera, Noviembre 2026.

© Universidad Politécnica Estatal del Carchi © Paúl Dután Criollo

Calle Antisana y Avenida Universitaria, Tulcán, Carchi, Ecuador.
Tel: 06 2 980 837 Ext: 1300 / 1301
publicaciones@upec.edu.ec / publicacionesupec@gmail.com
Ecuador, Tulcán. Noviembre 2026

Prohibida la reproducción de este libro, por cualquier medio,
sin la previa autorización por escrito de los propietarios del copyright.

ÍNDICE

Introducción 15

Capítulo 1

La ciencia como construcción del conocimiento 19

Naturaleza epistemológica de la ciencia 21

Ciencia escolar y ciencia académica 24

Cambio conceptual y aprendizaje significativo 26

Alfabetización científica contemporánea 29

Discrepancias para la práctica docente 32

Capítulo 2

La enseñanza habitual de la ciencias naturales: límites y tensiones 35

La persistencia del modelo transmisivo 37

Rigideces entre tradición e innovación pedagógica 40

Cultura evaluativa y reducción del aprendizaje científico 43

Fragmentación entre discurso científico y experiencia escolar 46

Consecuencias formativas: motivación, identidad científica y pensamiento crítico 49

Capítulo 3

Currículo, competencias y evaluación: entre prescripción método y vínculo epistemológica 53

Enfoque por competencias en educación científica: promesas tensiones y redefiniciones necesarias 55

De la competencia a la destreza: operacionalización curricular y desafíos de la descomposición 57

Evaluación formativa en ciencias como norma del aprendizaje 60
El currículo ecuatoriano como referente comparativo en el contexto de los marcos internacionales 63
Lineamientos ministeriales actuales y práctica escolar: grietas, conciliaciones y posibilidades reales 66

Capítulo 4

Metodologías activas para la transformación del aula 69
Aprendizaje basado en indagación: reconstruir la práctica científica en la escuela 71
Aprendizaje basado en proyectos: integrar comprensión, sentido y acción en ciencias naturales 74
Resolución de problemas científicos 76
Gamificación y recursos digitales: entre la motivación aparente y la transformación cognitiva 78
El entorno como laboratorio de aprendizaje: construcción de conocimiento, experiencia y reconstrucción científica 80

Capítulo 5

Neuroeducación y desarrollo del pensamiento científico 83
Plasticidad cerebral y aprendizaje significativo 85
Emoción, curiosidad y memoria científica 87
Experiencias multisensoriales 90
Retroalimentación cognitiva 92

Capítulo 6

Ciencias naturales y sostenibilidad 95

Educación ambiental y desarrollo sostenible 97
Integración de los ODS en la enseñanza 100
Ciencia, ciudadanía y responsabilidad social 102

Capítulo 7

Diseño de una clase innovadora de ciencias naturales 105
Componentes esenciales de una clase de calidad 107
Secuencia didáctica basada en indagación 109
Integración de experimentación y evaluación 111
Criterios de calidad en la enseñanza científica 114

Capítulo 8

Hacia una enseñanza transformadora de las ciencias naturales 117
La ciencia como experiencia educativa 119
Integración de la epistemología, la pedagogía y la neuroeducación en la enseñanza de las ciencias naturales 121
El docente como mediador del pensamiento científico 124
La institución educativa como espacio de investigación 126
Proyección de la educación científica para el siglo XXI 128
Conclusiones 131
Referencias 135

Dedicatoria

Dedico este libro a Dios y a María Auxiliadora, quienes han sido mi guía fiel. Me sostienen y me alumbran al decidir, al esforzarme y al crecer. Les confío este trabajo, pues conocen mi historia, mis luchas cotidianas y los sueños que dieron forma a este proyecto.

Agradecimientos

Agradezco a los estudiantes de las aulas donde he laborado, especialmente a los futuros docentes. Su hambre de aprender, sus preguntas y su entusiasmo me impulsan a ser mejor profesor y a seguir construyendo.

Extiendo mi gratitud a mis primeros alumnos. Confiaron en mí cuando recién comenzaba; aprendí junto a ellos y hoy, al verlos seguir su propio camino profesional, representan una inspiración y un motor para mí.

Agradezco también a mi familia, a mis amigos y a mis colegas docentes. Cada uno ha sido una pieza clave en mi formación humana y profesional. Su apoyo, sus consejos y su confianza son los pilares sobre los que afirmo mi creencia en el poder transformador de la educación.

Resumen:

La educación básica atraviesa retos mayúsculos en la enseñanza de las ciencias naturales. El libro *Didáctica transformadora de las ciencias naturales: fundamentos y métodos para una enseñanza innovadora* cuestiona el modelo tradicional, aquel que se limita a la memorización y a la recepción pasiva del alumno y relega a un segundo plano la comprensión profunda de los fenómenos. Esta obra reúne los enfoques necesarios para repensar la práctica pedagógica: desde los fundamentos epistemológicos y la didáctica de las ciencias hasta la evaluación formativa, las metodologías activas y la neuroeducación. Enseñar ciencias no es simplemente explicar conceptos; es generar las condiciones idóneas para que los estudiantes indaguen, experimenten, argumenten y, en última instancia, construyan conocimiento. Su propósito es trascender las visiones reduccionistas del aprendizaje científico y su aporte central radica en una didáctica transformadora que fortalece la labor docente y propicia experiencias educativas cargadas de sentido. Así, los estudiantes comprenden el mundo natural, al tiempo que cultivan la curiosidad científica y asumen una postura crítica y responsable tanto ante la naturaleza como frente a la sociedad.

Palabras clave: didáctica de las ciencias naturales, alfabetización científica; pensamiento científico; innovación pedagógica; formación docente; educación científica.

Introducción

Enseñar ciencias naturales es un imperativo. La sociedad enfrenta cambios tecnológicos sin precedentes, crisis ambientales globales y una búsqueda incesante por trascender lo establecido. Por ello, la educación científica no puede reducirse a una mera transmisión de conceptos o a la repetición mecánica de contenidos. Es, por el contrario, un espacio formativo complejo en el que convergen la curiosidad humana, la construcción colectiva del saber, la mirada crítica sobre el entorno y la responsabilidad ética frente a la sociedad y la naturaleza. Enseñar ciencias implica trazar rutas para que los estudiantes desarrollen su manera singular de observar, interpretar, cuestionar y transformar la realidad.

Durante décadas, los sistemas educativos se apoyaron en modelos que privilegiaban la memorización, la repetición de definiciones y una evaluación volcada en la reproducción de información. Este enfoque limitó gravemente el alcance de la formación científica. La didáctica actual, por el contrario,insiste en que aprender ciencia trasciende la sola idea de acumular datos y, en su lugar, se extiende hacia el desarrollo de habilidades de pensamiento que permitan formular preguntas, analizar evidencias, elaborar explicaciones y poner a prueba las propias ideas (Lederman, 2019; Osborne, 2014). Estas perspectivas conviven, sin embargo, con prácticas en las que aún impera la transmisión lineal del conocimiento y la exploración intelectual queda postergada.

La mencionada brecha entre la enseñanza tradicional y los enfoques contemporáneos es el eje central de este libro, pues nace de una inquietud concreta: ¿cómo formar estudiantes capaces de pensar científicamente en un entorno que sigue valorando la reproducción del conocimiento por encima de su construcción? Esta pregunta surge tanto de la teoría como de la experiencia diaria en el aula, donde es evidente que la mayoría de los alumnos percibe la ciencia como un conjunto de respuestas cerradas y no como un proceso vivo de búsqueda e indagación.

El libro propone reflexionar sobre la enseñanza de las ciencias naturales desde una perspectiva integradora, para lo cual articula fundamentos epistemológicos, enfoques pedagógicos de vanguardia, aportes de la neuroeducación y miradas sobre la sostenibilidad, así como la ciudadanía científica. Por ello, su finalidad consiste en abrir un espacio de análisis crítico para repensar el papel de la ciencia en la educación básica y explorar alternativas pedagógicas que impulsen el pensamiento científico.

La obra parte de la premisa de que la educación científica debe situarse en la intersección entre el conocimiento disciplinar, la experiencia educativa y la realidad social y concebir la ciencia como una actividad humana vinculada a contextos históricos y culturales. Comprender esta dimensión es esencial para transformar la enseñanza. El desarrollo del pensamiento científico requiere experiencias que permitan a los estudiantes involucrarse activamente en procesos de investigación, argumentación y construcción de explicaciones (Erduran y Jiménez, 2018). Solamente así es posible dejar atrás la imagen de una ciencia distante para convertirla en una herramienta viva mediante la que se pueda comprender el mundo.

La curiosidad y la emoción son piezas clave en este engranaje. La educación no debe separar el pensamiento del sentir. La neuroeducación ha demostrado que el interés y la motivación son decisivos para consolidar el conocimiento (Dehaene, 2020; Immordino, 2015). Cuando un alumno se siente desafiado o emocionalmente vinculado a una pregunta científica, su cerebro activa procesos de atención y memoria que favorecen un aprendizaje profundo. Ese interés por descifrar un fenómeno natural representa uno de los motores primordiales del aprendizaje científico.

La enseñanza de las ciencias naturales adquiere así una dimensión profundamente formativa. No se trata únicamente de aprender conceptos sobre materia, energía o ecosistemas; se trata de desarrollar un criterio para interpretar información de manera crítica, analizar problemas complejos y tomar decisiones con fundamento. En una sociedad marcada por la sobreabundancia de información, la alfabetización científica es indispensable para navegar en los debates públicos sobre la salud, el medioambiente, la tecnología o la sostenibilidad. En este contexto, los organismos internacionales subrayan la necesidad de fortalecer la educación científica como un pilar esencial para el ejercicio de una ciudadanía plena en pleno siglo XXI (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico [OCDE], 2019).

El libro se estructura en ocho capítulos. El primero se adentra en los fundamentos epistemológicos actuales de la enseñanza de las ciencias y pone el foco en la naturaleza del saber científico, los procesos de modelización y la transformación de las concepciones propias a medida que aprendemos.

El segundo capítulo propone una revisión crítica del modelo tradicional de enseñanza, expone sus grietas y analiza cómo la evaluación moldea, en realidad, las prácticas pedagógicas. De hecho, en este apartado,se expone quela evaluación deja de ser un simple trámite técnico para convertirse en el eje que orienta la

enseñanza y el aprendizaje. Su propósito es transitar hacia una cultura evaluativa que priorice el crecimiento del alumno por encima de la mera cuantificación de resultados.

El tercero aborda el currículo y el desarrollo de competencias científicas e integra reflexiones sobre la evaluación formativa. Los marcos curriculares contemporáneos buscan formar estudiantes capaces de indagar, argumentar y resolver problemas. En este orden de ideas, se examina el currículo ecuatoriano como punto de referencia que dialoga con las tendencias internacionales, con especial atención sobre sus avances y quitar los retos que supone llevarlo a la realidad del aula.

El cuarto capítulo aborda las metodologías activas como eje fundamental de la transformación educativa. Estrategias como el aprendizaje basado en la indagación, el trabajo por proyectos, la resolución de problemas, el uso de recursos digitales y la gamificación cobran un nuevo sentido cuando se aplican de forma contextualizada.

El quinto se dedica a la neuroeducación, que proporciona una comprensión más profunda del aprendizaje científico al considerar la plasticidad cerebral, el papel de las emociones, la curiosidad y la experiencia multisensorial. Este capítulo deja en claro que aprender ciencias implica más que un ejercicio cognitivo, representa una experiencia integral en la que se entrelazan el cerebro, el entorno y la trayectoria personal del estudiante.

El sexto capítulo explora el vínculo entre la educación científica y la sostenibilidad. Ante la crisis ambiental global, la integración de la educación ambiental, los objetivos de desarrollo sostenible y la formación de una ciudadanía crítica, se refuerza una idea clara: enseñar ciencias implica formar personas comprometidas con su realidad.

El séptimo capítulo traslada estas reflexiones en el aula. El diseño de las clases de ciencias naturales se convierte en el escenario en el que la teoría y la práctica convergen. Se proponen secuencias didácticas basadas en la indagación, la experimentación y la evaluación formativa, con el propósito de brindar a los docentes herramientas tangibles para transformar su labor.

El octavo capítulo proyecta la mirada hacia el futuro y reconoce los desafíos que enfrentan los sistemas educativos actuales. Propone un estilo de enseñanza que trasciende las cuatro paredes del aula y contribuye a forjar ciudadanos curiosos, críticos y comprometidos con el conocimiento.

En conjunto, estos acápites no pretenden ofrecer recetas cerradas ni respuestas definitivas; más bien, su objetivo recae en invitar a repensar la enseñanza desde una mirada crítica, abierta y situada. Cada aspecto (desde la evaluación hasta la sostenibilidad) se articula en torno a la convicción de que educar en ciencias es mucho más que transmitir contenidos: es formar sujetos capaces de interpretar, cuestionar y actuar sobre el mundo.

El hilo conductor de toda la obra es recuperar la dimensión profundamente humana de la educación científica. Enseñar ciencias no consiste únicamente en exponer teorías o describir fenómenos; se trata de acompañar al estudiante en el descubrimiento de un mundo que, pese a ser estudiado durante siglos, sigue guardando preguntas abiertas y misterios por explorar. Cuando un alumno observa un fenómeno, lanza una pregunta o busca explicar por qué suceden las cosas, esa chispa de curiosidad no puede ignorarse: al contrario, debe ser nutrida y alentada.

El desafío más urgente se aleja de una visión que privilegia los resultados académicos o el incremento del dominio conceptual, para pasar hacia unas acciones capaces de despertar la curiosidad de los estudiantes por comprender el mundo. Una verdadera educación científica trasciende la transmisión de conocimientos ya establecidos y busca forjar individuos capaces de preguntar, investigar y pensar por cuenta propia. Quienes comparten el aula tienen el deber de transformarla en un espacio donde la ciencia deje de percibirse como una colección de verdades inamovibles. La ciencia es, ante todo, una aventura intelectual permanente, siempre abierta a nuevas preguntas y formas de interpretar la realidad.

Capítulo

1

La ciencia como construcción del conocimiento

Naturaleza epistemológica de la ciencia

Reflexionar sobre qué es la ciencia no es un requisito meramente académico en la formación docente; es una necesidad pedagógica e intelectual. Enseñar ciencias naturales sin cuestionar qué se entiende por ciencia es aplicar prácticas sobre cimientos que nunca han sido examinados. La enseñanza suele caer en la repetición de modelos heredados sin una conciencia crítica.

Durante mucho tiempo, las escuelas presentaron la ciencia como un cúmulo de verdades ya consolidadas. Se enseñaban leyes, teorías y clasificaciones como si fueran el resultado directo de la observación de la realidad. Si bien esta forma de presentar la ciencia aportaba una sensación de estabilidad y certeza, oscurecía aspectos esenciales del conocimiento científico y dejaba de lado su carácter problemático, su construcción histórica y su naturaleza susceptible de debate.

Desde esa perspectiva, la ciencia suele percibirse como un cuerpo cerrado de conocimiento, ajeno a la propia experiencia del estudiante y desconectado de los procesos reales de la generación del saber. Las corrientes epistemológicas contemporáneas replantean esta visión y muestran que la ciencia no avanza mediante la acumulación de datos o teorías, sino a través de procesos de revisión, de cuestionamiento y desmontaje de los marcos explicativos existentes. Comprender la ciencia implica reconocerla como una construcción dinámica, atravesada por tensiones, debates y transformaciones constantes.

Hablar de teorías científicas no es pensar en ellas como copias exactas de la realidad. Son construcciones que la comunidad científica desarrolla para otorgar sentido a los fenómenos, apoyándose en conocimientos previos, métodos y criterios de validación que se construyen y comparten colectivamente. Comprender esta naturaleza cambia radicalmente la manera de concebir la enseñanza. Si las teorías son modelos, enseñar ciencia implica guiar a los alumnos para que los entiendan, los interpreten, los cuestionen y reconozcan tanto sus alcances explicativos como sus limitaciones inherentes.

El conocimiento científico se distingue por su naturaleza provisional. No obstante, este carácter no debe entenderse como una disposición constante hacia la revisión y la reformulación, más que como un signo de debilidad. Una teoría científica resulta ser sólida , precisamente, porque puede ponerse a prueba, contrastarse con nuevas evidencias y resistir críticas bien fundamentadas; esta disposición a ser cuestionada constituye una de sus mayores fortalezas. En muchos

contextos escolares, sin embargo, se sigue transmitiendo una imagen cerrada de la ciencia, en la que las respuestas parecen definitivas y los interrogantes se presentan como asuntos ya resueltos.

Esta representación conlleva a profundas consecuencias pedagógicas. Cuando la ciencia se presenta como un saber acabado, el aula se convierte en un espacio de repetición donde el estudiante memoriza resultados sin comprender el proceso que los originó. Así, el aprendizaje pierde su sentido y se desconecta de la experiencia. Al reconocer que la ciencia es una construcción dinámica, el aula se transforma en un lugar de indagación, de diálogo y de búsqueda, donde las preguntas recuperan su valor como punto de partida y el error se integra como parte del proceso de aprendizaje. De esta manera, el conocimiento deja de percibirse como algo externo y pasa a ser un desarrollo continuo en el que el estudiante participa activamente.

Humanizar la epistemología significa recordar que la ciencia es una actividad profundamente humana. Detrás de cada teoría,subyacen dudas, desacuerdos, equivocaciones y reformulaciones constantes. Existen momentos de incertidumbre, discusiones intensas y caminos que no siempre conducen a respuestas claras. Cuando se oculta esta dimensión histórica y humana, la comprensión del conocimiento científico se empobrece; al visibilizarla, el estudiante es capaz de reconocer la ciencia como una construcción en la que la curiosidad, la perseverancia y la argumentación ocupan un lugar central.

El error adquiere un significado distinto en la práctica científica. Equivocarse no representa un fracaso definitivo, por el contrario, es una etapa necesaria para construir explicaciones más sólidas. En muchos ámbitos escolares, el error sigue asociado a la sanción inmediata, lo cual genera una tensión: por un lado, se enseña que la ciencia progresa a través de la puesta a prueba, la revisión y el ajuste; por otro, se evalúa como si errar fuera señal de incompetencia. Reconocer esta contradicción es el primer paso hacia la transformación de las prácticas de enseñanza y evaluación.

Es indispensable comprender cómo se construye el conocimiento. La OCDE (2019) ha señalado que la competencia científica conlleva las siguientes capacidades: no basta con conocer conceptos; se requiere interpretar evidencias, evaluar argumentos y explicar fenómenos con fundamentos sólidos. Esto exige una comprensión de la lógica interna del proceso científico.

En Ecuador, los lineamientos curriculares de Ciencias Naturales (Ministerio de Educación, Deporte y Cultura [Minedec], 2025) propone un enfoque basado en

competencias que articula conocimientos conceptuales, habilidades de indagación y actitudes científicas. Llevar este enfoque al aula depende de la comprensión que el propio docente tenga de la naturaleza del conocimiento científico. Sin ese fundamento epistemológico, el enfoque por competencias corre el riesgo de quedarse en un nivel puramente declarativo, sin lograr una transformación real de las prácticas pedagógicas.

La modelización es un elemento clave para la comprensión científica. Los modelos científicos permiten entender fenómenos complejos sin acceder de forma directa a toda su complejidad. Si bien no son réplicas exactas del mundo, operan como construcciones que guían la interpretación de la realidad. Al enseñar el modelo atómico, la teoría celular o el ciclo del agua, más que transmitir la realidad misma, se ofrece una representación construida históricamente para explicarla. Comprender esta mediación evita interpretaciones literales y fomenta el pensamiento crítico.

La modelización posee una potente dimensión didáctica. Cuando los estudiantes crean sus propias representaciones, contrastan explicaciones y revisan sus hipótesis, participan activamente en procesos propios de la actividad científica. La clase deja de ser un espacio de recepción pasiva y se convierte en un lugar de construcción del conocimiento.

La naturaleza epistemológica de la ciencia posee, además, una dimensión colectiva. El conocimiento científico no surge de forma aislada; se edifica dentro de comunidades que dialogan, debaten y comparan resultados. La revisión por pares, el debate argumentado y la crítica fundamentada son componentes esenciales de su dinámica. Esta dimensión puede inspirar prácticas pedagógicas en las que el intercambio de ideas y la argumentación sean centrales.

La ciencia se desarrolla dentro de contextos históricos y sociales concretos. Por ello, las preguntas científicas responden a necesidades específicas. El estudio del cambio climático, la investigación en salud pública o los avances en energías renovables no pueden entenderse al margen de los desafíos contemporáneos. Esta conexión entre ciencia y sociedad dota de sentido al conocimiento y lo vincula estrechamente con la realidad del estudiante.

Comprender la naturaleza epistemológica de la ciencia implica asumir que la enseñanza de las ciencias naturales no es una mera transmisión de información disciplinar; es, ante todo, la formación de una manera de pensar. Se trata de promover la voluntad de cuestionar en lugar de aceptar respuestas automáticas y de cultivar la capacidad de analizar evidencias antes de emitir cualquier un juicio.

En este contexto, la reflexión adquiere un carácter profundamente formativo. Si la ciencia es una construcción dinámica, colectiva y revisable, la enseñanza debe reflejar esa misma lógica. No se trata de transformar el aula en un laboratorio profesional, significa mantener una actitud epistemológica coherente con la esencia del conocimiento científico.

La naturaleza de la ciencia no es un tema abstracto, reservado únicamente para la filosofía. Es, por el contrario, el cimiento sobre el que se sustenta toda práctica docente. Reconocer la ciencia como una construcción histórica, modelizante y crítica transforma radicalmente la forma de educar. Esto permite transitar de una pedagogía centrada en respuestas cerradas a otra orientada a la construcción de sentido. Este fundamento será decisivo para comprender la distinción entre la ciencia académica y la ciencia escolar y evitar así que la enseñanza se convierta en una simple transferencia del discurso especializado al aula.

Ciencia escolar y ciencia académica

Distinguir entre la ciencia académica y la ciencia escolar parece, a primera vista, una tarea sencilla. Sin embargo, las dificultades reales en la enseñanza de las ciencias naturales surgen de una comprensión insuficiente de esta diferencia. La instrucción tiende a oscilar entre dos extremos: la copia servil del discurso especializado de la universidad o una simplificación tan radical que termina por privar al conocimiento de su coherencia interna. Ambos puntos, inevitablemente, deforman el objeto de estudio.

La ciencia académica busca generar conocimiento nuevo. No se limita a estudiar lo que ya existe; amplía, cuestiona y repiensa lo conocido. Este proceso se desarrolla en comunidades científicas regidas por marcos teóricos precisos, metodologías exigentes y procedimientos de validación rigurosos. La revisión por pares, el debate crítico y la confrontación de evidencias constituyen ejes fundamentales de este proceso. En este ámbito, el error se convierte en una oportunidad para avanzar hacia explicaciones más sólidas.

La realidad de las instituciones educativas es distinta. El aula no es un laboratorio de investigación profesional; su fin no es generar conocimiento original, en su lugar, busca formar estudiantes capaces de comprender el mundo y tomar decisiones informadas. Lejos de constituir una versión simplificada o inferior de la académica, la ciencia escolar representa una manera distinta de abordar el saber. Mientras la academia busca expandir la frontera de lo conocido, la escuela procura que ese conocimiento cobre sentido para quien aprende.

Esta tensión es familiar para muchos docentes. Aquellos con una sólida formación disciplinar a menudo se sienten impelidos a enseñar tal como fueron educados; por ello, preservan la complejidad, el lenguaje técnico y la lógica propia de su campo. No obstante, trasladar esas exigencias directamente al aula no suele dar los resultados esperados: los estudiantes, lejos de comprender, terminan distanciándose de una materia que les resulta ajena.

El problema, además, no se resuelve mediante la simplificación. Cuando los contenidos se reducen al extremo y se fragmentan en definiciones aisladas o fórmulas memorizadas, se pierde la estructura que les otorga significado. Los estudiantes pueden repetir conceptos con precisión, pero son incapaces de comprender sus relaciones o su utilidad práctica.

En este contexto, la enseñanza adquiere un carácter complejo y trascendental. El proceso de transformar el saber científico para que sea enseñable se aleja de la idea de copiarlo o reducirlo, en cambio, lo reinterpreta. Esta labor exige juicio, sensibilidad pedagógica y una comprensión profunda tanto del contenido como de quien aprende. En la práctica, el docente trabaja con estudiantes que ya poseen sus propias preguntas, intuiciones y nociones previas. Por ello, la ciencia escolar no debe comenzar con una definición, sino con una indagación. Preguntas como por qué el cielo cambia de color, por qué una planta busca la luz o por qué flotan ciertos objetos abren la puerta al aprendizaje significativo y conectan el saber científico con la vivencia cotidiana.

Los marcos curriculares contemporáneos, como el Currículo priorizado con énfasis en competencias comunicacionales, matemáticas, digitales y socioemocionales (Minedec, 2025), proponen enfoques basados en competencias que van más allá de la mera adquisición de contenidos y, por consiguiente, articulan conocimientos, habilidades y actitudes. Esta perspectiva, alineada con propuestas internacionales sobre la alfabetización científica (OCDE, 2019), busca que los conceptos sirvan para interpretar fenómenos y fundamentar decisiones. Sin embargo, modificar el currículo no garantiza el cambio en el aula; la distinción entre la ciencia académica y la escolar debe ser interiorizada. De lo contrario, las prácticas tradicionales permanecerán intactas, ocultas tras una terminología renovada.

El tiempo también impone un desafío dentro del ámbito de la pedagogía. Mientras la investigación científica requiere años, el aprendizaje escolar ocurre en lapsos marcados por calendarios y evaluaciones. El reto es diseñar experiencias que permitan al estudiante participar en procesos de indagación a una escala adaptada

a su contexto educativo, sin pretender replicar un laboratorio universitario, sino propiciar situaciones en las que observar, formular hipótesis, experimentar y argumentar formen parte de la rutina escolar.

La evaluación pone de manifiesto esta diferencia con claridad. La academia valida los resultados y la consistencia metodológica; la educación debe acompañar el proceso formativo, ofrecer retroalimentación y favorecer la reconstrucción conceptual. En consecuencia, evaluar únicamente la reproducción de información refuerza una visión reducida del aprendizaje científico.

De igual manera, la ciencia escolar implica reconocer que cada estudiante se aproxima al conocimiento desde su historia personal; sus ideas se consideran como estructuras de pensamiento que necesitan ser comprendidas. Desde esta perspectiva, la mediación pedagógica exige escucha, paciencia y la capacidad de guiar una transformación conceptual consciente. Asimismo, existe una dimensión ética: mientras la ética profesional se centra en la integridad investigativa, la educación incluye la formación de actitudes responsables frente al entorno, lo que convierte la sostenibilidad y la responsabilidad social en parte del horizonte formativo.

Reconocer esta distinción no significa establecer jerarquías. Ambas formas de ciencia son necesarias y complementarias: una expande el conocimiento; la otra lo hace accesible. La tarea del docente es construir puentes sin sacrificar la profundidad conceptual ni la cercanía humana.

Enseñar ciencias naturales no significa trasladar un discurso especializado;por el contrario, lo reconstruye críticamente para respetar su lógica y lo conecta con la experiencia del estudiante. Con conciencia epistemológica y sensibilidad, la ciencia escolar deja de ser una versión simplificada para convertirse en un espacio legítimo de desarrollo intelectual.

Cambio conceptual y aprendizaje significativo

El aprendizaje de las ciencias naturales no es lineal ni inmediato. Más que sustituir una idea incorrecta por una correcta, como si el conocimiento funcionara mediante una simple sustitución, implica un proceso de profunda reorganización cognitiva. Los estudiantes llegan al aula con explicaciones construidas a partir de sus experiencias cotidianas: sus vivencias, el lenguaje que usan en casa y la forma en que interactúan con su entorno. Estas ideas constituyen estructuras cognitivas que deben ser comprendidas antes de promover su aplicación, en lugar de considerarse como espacios que deben ser llenados.

Un ejemplo común se presenta cuando un estudiante dice que "el sol gira alrededor de la Tierra porque lo vemos moverse". Esta explicación es incorrecta, pero no es un simple error. El estudiante construye una interpretación que es coherente con la percepción visual. La enseñanza no debe centrarse en decirle al estudiante que está equivocado; por el contrario, debe crear las condiciones que le permitan reconocer las limitaciones de su propia explicación y descubrir que el modelo científico ofrece una descripción más certera del fenómeno.

La investigación en educación científica demuestra que el cambio conceptual no se puede lograr únicamente al proporcionar información correcta. Pozo y Gómez (2013) sostienen que aprender ciencias implica una reconstrucción, más que una acumulación. Para que ocurra una verdadera transformación, los estudiantes deben percibir que sus explicaciones anteriores ya no son suficientes y que las nuevas ofrecen mayor coherencia y poder explicativo.

El conflicto cognitivo se ha propuesto como una estrategia útil para promover el cambio conceptual. Consiste en crear situaciones en las que las ideas previas de los estudiantes no logren explicar adecuadamente un fenómeno, lo que puede llevarlos a reconsiderar su comprensión. Sin embargo, esta estrategia debe aplicarse con cuidado. Un enfoque abrupto o confrontativo suele generar resistencia en lugar de reflexión. Por ello, los docentes deben guiar a los estudiantes mediante preguntas que les ayuden a examinar sus propias ideas sin sentirse desacreditados.

La dimensión emocional desempeña un papel importante. Cuestionar lo que antes se creía verdadero puede generar incertidumbre porque altera la forma de entender el mundo. En consecuencia, establecer un clima de confianza es esencial. Cometer errores y experimentar dudas deben ser reconocidos como componentes naturales del aprendizaje. En este proceso, la paciencia del docente es fundamental.

El aprendizaje significativo va mucho más allá de la retención de información. Implica integrar los nuevos conocimientos en estructuras cognitivas más amplias, establecer relaciones entre conceptos y reorganizar las ideas previas. Este proceso no es inmediato ni siempre es visible. Los estudiantes pueden mantener temporalmente elementos de sus explicaciones anteriores junto con las nuevas, mientras reconstruyen gradualmente su comprensión.

Dentro de la alfabetización científica contemporánea, este tipo de aprendizaje es esencial. La OCDE (2019) afirma que la competencia científica implica interpretar evidencia, explicar fenómenos y tomar decisiones informadas. Estas habilidades requieren una comprensión profunda más que una simple

memorización. Asimismo, el currículo vigente en Ecuador (Minedec, 2025) promueve la indagación y la reflexión como procesos clave para el desarrollo de dichas competencias.

En el aula, el cambio conceptual a menudo se refleja en pequeños avances. Un estudiante puede comenzar a relacionar la fotosíntesis con la producción de oxígeno y a integrar los fragmentos de conocimiento que antes estaban aislados. Estos logros parciales son significativos y merecen reconocimiento mediante una retroalimentación efectiva.

La argumentación constituye otro componente fundamental. Cuando los estudiantes explican sus ideas, comparan puntos de vista y analizan evidencias, se ven obligados a organizar y aclarar su pensamiento. Este proceso fortalece la comprensión y acerca las prácticas del aula a las formas en que se construye el conocimiento científico.

La experimentación sólo tiene valor educativo cuando va acompañada de reflexión. Realizar actividades prácticas sin un análisis posterior puede generar un entusiasmo temporal, pero no un aprendizaje profundo. La construcción del conocimiento se produce a través de la interpretación de los resultados.

La curiosidad, el asombro y la sorpresa fomentan la apertura a nuevas explicaciones. Un fenómeno que desafía las expectativas de los estudiantes crea una valiosa oportunidad de aprendizaje. Sin embargo, cada alumno experimenta este proceso de manera diferente. Algunos reorganizan sus ideas con mayor rapidez, mientras que otros requieren más tiempo y una mayor variedad de experiencias. Esta diversidad no significa un problema; forma parte del aprendizaje.

El cambio conceptual no ocurre de forma aislada, ya que permanece conectado con otras formas de conocimiento y experiencia. Comprender un concepto como la energía requiere relacionarlo con múltiples fenómenos en diferentes campos. Por esta razón, conviene evitar la enseñanza fragmentada y procurar la integración de los contenidos de manera significativa.

El cambio conceptual y el aprendizaje significativo constituyen procesos complejos que requieren sensibilidad pedagógica y una comprensión genuina de cómo ocurre el aprendizaje. Enseñar ciencias naturales significa acompañar a los estudiantes en la transformación de sus ideas, respetar sus puntos de partida y brindarles oportunidades para reconstruir su comprensión del mundo.

En consecuencia, la ciencia escolar trasciende la pura transmisión de información correcta para convertirse en un espacio de construcción progresiva del

pensamiento. El docente, más que un simple transmisor de conocimientos, actúa como mediador aprendizaje. Por ello, aprender ciencias supone aprender a pensar de manera diferente: reorganizar ideas y construir explicaciones más coherentes. Este proceso no se puede imponer; se desarrolla a través de una guía reflexiva y en ello radica su verdadero valor educativo.

Alfabetización científica contemporánea

Es fundamental dejar atrás la noción obsoleta de que enseñar ciencias se reduce a la mera transmisión de conceptos organizados por capítulos. La sociedad ha sufrido un cambio drástico: la información circula a gran velocidad, los debates científicos irrumpen en las redes sociales, los datos se exponen en gráficos que requieren una interpretación aguda y las decisiones colectivas dependen, hoy más que nunca, de argumentos científicos. La pregunta central, lejos de indagar cuántos contenidos puede memorizar un estudiante, se focaliza en qué es capaz de hacer ese conocimiento.

La alfabetización científica contemporánea promueve la capacidad de comprender fenómenos, analizar evidencias, cuestionar afirmaciones y tomar decisiones fundamentadas. En este sentido, la OCDE (2019) define la competencia científica como la habilidad para explicar fenómenos desde la ciencia, diseñar y evaluar investigaciones, así como interpretar datos y pruebas. El enfoque se desplaza de la acumulación pasiva de información hacia la aplicación crítica del conocimiento; se trata de aprender a pensar con lo que se sabe, más que de limitarse únicamente a saber más.

Sin embargo, en muchas aulas, persiste la organización de la enseñanza alrededor de listas de contenidos que deben cubrirse en un tiempo determinado, una dinámica en la que el énfasis recae en completar el programa y no en profundizar la comprensión. Esta lógica responde a inercias históricas y a modelos de evaluación que premian la reproducción de datos. Por el contrario, la verdadera alfabetización científica demanda otro ritmo, otra intención y una forma distinta de relacionarse con el saber.

La alfabetización científica, desde un punto de vista humanizado, apunta a reconocer que la ciencia está presente en la cotidianidad. Las conversaciones sobre vacunas, cambio climático, calidad del agua o consumo energético forman parte intrínseca del entorno social de los estudiantes. Al conectar el aula con estas realidades, el conocimiento científico pierde su carácter abstracto y adquiere una relevancia concreta: el estudiante percibe entonces que entender los fenómenos

significa más es una herramienta indispensable para participar en la sociedad con criterio y no solamente un requisito académico.

El currículo ecuatoriano (Minedec, 2025) recoge esta perspectiva al proponer el desarrollo de competencias que integran conocimientos, habilidades y actitudes, más allá de la simple enumeración de temas. Su objetivo es fomentar el pensamiento científico, una orientación que dialoga con marcos internacionales sobre la importancia de la alfabetización para la ciudadanía contemporánea (OCDE, 2019). No obstante, un enfoque curricular no garantiza su implementación; la transformación real depende de cómo el docente interprete y lleve a la práctica estas directrices.

Alfabetizar científicamente implica enseñar a distinguir entre evidencia y opinión, una capacidad fundamental ante el desbordamiento informativo actual. El aula de ciencias naturales puede ser un espacio privilegiado para desarrollar esta mirada crítica mediante actividades como el análisis de noticias científicas, la interpretación de gráficos, el debate sobre explicaciones alternativas ante un mismo fenómeno o la revisión de estudios experimentales. Estas experiencias permiten que los estudiantes aprendan a cuestionar afirmaciones, contrastar la información y comprender los fundamentos de aquello que estudian.

Existe una dimensión ética que amplía el sentido de la alfabetización científica. Lejos de promover únicamente la adquisición de contenidos, esta perspectiva propicia que los estudiantes se acerquen al saber de manera activa y desarrollen la capacidad de interrogar la información, contrastarla con diversas fuentes y comprender los fundamentos que la sostienen. Así, el aprendizaje deja de ser pasivo y se transforma en una construcción consciente, en la que pensar y cuestionar se erigen como ejes esenciales del aprendizaje.

La alfabetización científica contemporánea exige reconocer la relación entre ciencia y tecnología. La digitalización ha transformado radicalmente la producción y circulación del saber, lo cual ha hecho posible que los estudiantes accedan a la información científica desde sus dispositivos móviles con facilidad. Dado que este acceso no siempre viene acompañado de criterios claros para evaluar la calidad de los datos, enseñar ciencias implica también instruir a los estudiantes para navegar por los entornos digitales con sentido crítico, contrastar la información y reconocer posibles sesgos.

La dimensión humana de esta alfabetización supone que el aprendizaje no ocurre únicamente en el plano cognitivo; la curiosidad, la sorpresa y la preocupación por el entorno influyen profundamente en la disposición hacia el

saber. Cuando un estudiante se siente interpelado por un problema ambiental local o por una noticia científica que afecta a su comunidad, se genera una motivación que impulsa la reflexión, la cual puede ser aprovechada por el docente para articular los contenidos curriculares con experiencias reales y significativas.

Cabe considerar, además, un desafío estructural: la alfabetización científica no puede sostenerse en actividades aisladas o proyectos ocasionales; requiere coherencia curricular y continuidad en el tiempo. Cada experiencia de aprendizaje debe contribuir al desarrollo de habilidades como la interpretación, la argumentación y el análisis, pues, de lo contrario, el enfoque competencial corre el riesgo de fragmentarse y perder su consistencia.

En última instancia, alfabetizar científicamente significa formar individuos capaces de convivir con la incertidumbre. La ciencia, más que ofrecer verdades absolutas, facilita explicaciones bien fundamentadas que están siempre abiertas a ser revisadas a la luz de nuevas evidencias. Comprender esto ayuda a evitar posiciones dogmáticas o relativismos extremos, ya que enseñar ciencia es promover la confianza en la evidencia sin convertirla en una verdad incuestionable.

La alfabetización contemporánea redefine, por tanto, el propósito de la clase de ciencias naturales. El objetivo se basa en que los estudiantes utilicen los conceptos para interpretar situaciones complejas. Es imperativo que lleguen a comprender las relaciones y dinámicas dentro de sistemas más amplios, más que sólo memorizar etapas. Así, la alfabetización se consolida como un pilar de la educación integral, al permitir que los estudiantes interpreten la realidad con sentido crítico, analicen argumentos y participen en debates sociales de manera informada. Cuando la enseñanza articula el saber conceptual, el pensamiento crítico y la responsabilidad ética, la ciencia escolar deja de ser una simple asignatura para convertirse en una herramienta de vida.

Este horizonte plantea un desafío significativo: mantener el rigor conceptual sin volver la ciencia inaccesible, fomentar el pensamiento crítico sin debilitar la estructura del conocimiento disciplinar e integrar la dimensión ética sin caer en simplificaciones. Alcanzar este equilibrio constituye uno de los retos centrales para quienes conciben la didáctica de las ciencias naturales como un proyecto formativo auténtico.

Discrepancias para la práctica docente

La ciencia constituye una construcción histórica en permanente transformación, abierta a la revisión, al debate y a la reinterpretación. La ciencia escolar supera la noción de una versión simplificada de la ciencia académica y se erige como unareconstrucción elaborada con una finalidad formativa. El aprendizaje se desarrolla mediante un proceso gradual de cambio conceptual, mientras que la alfabetización científica se ha convertido en una necesidad fundamental para la participación ciudadana. En este contexto, la práctica docente no puede permanecer inmutable.

Enseñar ciencias naturales implica mucho más que organizar contenidos de manera secuencial. Cada decisión pedagógica refleja una determinada concepción epistemológica, aun si esta no se expresa de forma explícita. Cuando una teoría se presenta como una verdad absoluta e incuestionable, se transmite una visión cerrada del conocimiento. Por el contrario, promover la argumentación y el análisis de evidencias favorece la construcción de una comprensión científica crítica, dinámica y abierta al cambio.

La coherencia entre la concepción epistemológica y la práctica pedagógica no surge de manera espontánea; exige una reflexión consciente y permanente sobre lo que ocurre en el aula. Esto implica cuestionarse tanto el contenido que se enseña, como su metodología y finalidad. La enseñanza debe entenderse como un proceso continuo de revisión, ajuste y mejora.

La pregunta ocupa un lugar central en la construcción del conocimiento científico. La ciencia avanza a partir de la indagación, por lo que las clases de ciencias naturales deberían estructurarse en torno a interrogantes significativos. En lugar de plantear preguntas retóricas con respuestas previstas, resulta indispensable proponer situaciones problemáticas que motiven a explorar, contrastar ideas y argumentar posiciones. Una pregunta auténtica abre posibilidades para el pensamiento; una afirmación cerrada suele limitarlas.

En la ciencia, el error forma parte inherente del proceso investigativo. Por ello, la práctica educativa no debería reducirlo a un simple indicador de fracaso. Reconocer el error como una oportunidad de aprendizaje transforma el ambiente del aula y permite que los estudiantes se atrevan a formular explicaciones, plantear hipótesis y reconsiderar sus ideas sin temor a ser descalificados.

La evaluación debe guardar coherencia con la naturaleza del conocimiento que se pretende desarrollar. La alfabetización científica requiere interpretar

evidencias y construir argumentos fundamentados (OCDE, 2019). En consecuencia, la evaluación debe superar la simple comprobación de definiciones memorizadas para valorar la capacidad de relacionar conceptos, analizar situaciones y justificar respuestas. Evaluar de manera coherente con los propósitos formativos constituye también una decisión epistemológica.

Desde esta perspectiva, la planificación adquiere un sentido más amplio. Diseñar una clase de ciencias naturales supone organizar experiencias que favorezcan la reconstrucción conceptual. No basta con seleccionar contenidos; es necesario prever espacios para la exploración, la confrontación de ideas y la síntesis de aprendizajes. La secuencia didáctica debe reflejar una comprensión profunda de los procesos cognitivos que experimenta el estudiante al transformar sus modelos explicativos.

Asimismo, la práctica docente implica reconocer que enseñar no consiste en aplicar estrategias de manera mecánica. La educación se construye a través de las relaciones humanas, la escucha activa y la capacidad de adaptación constante. Cada grupo presenta características particulares, intereses específicos y ritmos de aprendizaje diversos. La coherencia epistemológica no se impone mediante esquemas rígidos, por el contrario, se construye en diálogo con la realidad concreta del aula.

Existe, además, una dimensión ética inseparable de la enseñanza de las ciencias naturales. La ciencia escolar contribuye de manera significativa a la formación ciudadana. Los docentes asumen una responsabilidad directa en la manera en que los estudiantes comprenderán y afrontarán los desafíos contemporáneos. Temas como la sostenibilidad, el uso responsable de los recursos o el análisis crítico de la información científica, se consolidan como componentes esenciales de la formación integral.

Los lineamientos curriculares, como los establecidos en el currículo de ciencias naturales de Ecuador (2016), ofrecen referentes valiosos para orientar la práctica educativa. Sin embargo, la transformación real no proviene únicamente del documento curricular, en realidad, esta se materializa en la forma en que el docente interpreta sus principios, los adapta a su contexto y los lleva a la práctica cotidiana. El verdadero desafío consiste en mantener la coherencia entre currículo, epistemología y acción pedagógica.

La enseñanza de las ciencias naturales exige una doble fidelidad: al conocimiento disciplinar y al proceso formativo de los estudiantes. La primera garantiza el rigor conceptual; la segunda aporta sentido pedagógico. Cuando una de estas dimensiones se descuida, la enseñanza pierde equilibrio y efectividad.

La didáctica de las ciencias naturales no puede entenderse como un conjunto de técnicas aisladas. Se trata de una construcción compleja que integra aportes de la epistemología, la psicología del aprendizaje y la responsabilidad social. Comprender cómo se genera el conocimiento científico, cómo se transforma en conocimiento escolar y cómo los estudiantes lo reconstruyen permite desarrollar una práctica educativa más consciente, reflexiva y coherente.

Enseñar ciencias naturales orienta una forma particular de relacionarse con el mundo. Supone invitar a los estudiantes a observar con atención, formular preguntas relevantes y construir argumentos sustentados en evidencias. En esencia, implica formar personas capaces de comprender la complejidad de la realidad sin renunciar al rigor intelectual.

El reto no es menor. Requiere cuestionar rutinas arraigadas, revisar prácticas heredadas y asegurar la correspondencia entre lo que se propone y lo que efectivamente se realiza en el aula. Por medio de esta coherencia, la didáctica deja de ser un procedimiento técnico y se convierte en un auténtico proyecto formativo orientado al desarrollo integral de las personas.

Capítulo 2

La enseñanza habitual de la ciencias naturales: límites y tensiones

La persistencia del modelo transmisivo

El modelo transmisivo continúa ocupando un lugar predominante en la enseñanza de las ciencias naturales. Su permanencia no puede atribuirse únicamente a la resistencia frente al cambio ni considerarse un fenómeno fortuito. Más bien, responde a una estructura pedagógica que históricamente ha proporcionado una secuenciación clara de contenidos y un papel docente totalmente delimitado. Desde esta concepción, el conocimiento científico se entiende como un cuerpo sistematizado de saberes consolidados que debe transmitirse con exactitud, organizarse en unidades temáticas progresivas y comprobarse mediante evaluaciones objetivas. Aunque esta lógica presenta coherencia interna y una aparente eficacia organizativa, al analizarla desde las perspectivas actuales sobre la naturaleza del conocimiento científico emergen importantes cuestionamientos.

La ciencia dista de ser un conjunto de verdades permanentes e incuestionables; se concibe como una construcción histórica caracterizada por procesos continuos de revisión, discusión y reformulación. En lugar de aparecer como productos terminados, las teorías científicas se desarrollan a partir de interrogantes, errores, controversias y sucesivos procesos de ajuste. Cuando la enseñanza ignora esta dimensión dinámica y presenta únicamente resultados consolidados, se produce una simplificación epistemológica que distancia la ciencia escolar de la práctica científica auténtica y la transforma en un conjunto de conceptos destinados a la memorización.

En cuanto a la enseñanza explícita de la naturaleza de la ciencia, se conoce que, cuando no se abordan las dimensiones epistemológicas del conocimiento, los estudiantes construyen representaciones simplificadas acerca de la actividad científica. Con frecuencia, llegan a interpretar la ciencia como una acumulación progresiva de hechos comprobados y definitivos. El modelo transmisivo contribuye a fortalecer esta visión, pues permite conocer las conclusiones científicas, pero ofrece pocas oportunidades para comprender los procesos mediante los cuales dichas conclusiones fueron elaboradas o las circunstancias que podrían conducir a su revisión.

Las consecuencias de esta situación son especialmente significativas desde el punto de vista cognitivo.Desde la visión del cambio conceptual,el aprendizaje científico implica una reorganización profunda de los esquemas explicativos previos, más allá de la incorporación de nueva información. Cuando la enseñanza se limita a exponer respuestas consideradas correctas, los estudiantes suelen superponer esos conocimientos sobre sus concepciones intuitivas sin llegar a transformarlas

realmente. Como resultado, se construyen comprensiones superficiales que muestran debilidades al enfrentarse a situaciones novedosas o contextos diferentes.

La continuidad del modelo transmisivo también se encuentra respaldada por una cultura evaluativa que concede especial importancia a la precisión terminológica y a las respuestas cerradas. Las investigaciones en la evaluación formativa evidencian que los sistemas centrados en la reproducción de información orientan los procesos de estudio hacia la memorización. De hecho, la evaluación no se limita a medir el aprendizaje; también define qué formas de conocimiento son consideradas legítimas. Cuando la repetición constituye el principal criterio de valoración, los estudiantes terminan priorizando la reproducción de contenidos sobre la comprensión profunda de los fenómenos.

Desde la perspectiva de la alfabetización científica contemporánea, esta situación presenta limitaciones considerables. Los marcos internacionales sobre competencia científica destacan ciertas capacidades como explicar fenómenos, interpretar datos y evaluar evidencias de manera crítica. Estas competencias requieren de la participación activa de los estudiantes en prácticas propias de la construcción del conocimiento científico, tales como la modelización, la argumentación y el análisis crítico. Sin embargo, el modelo transmisivo, centrado principalmente en la exposición unidireccional, ofrece oportunidades reducidas para el desarrollo de estas capacidades.

Reconocer estas limitaciones no implica desconocer los aportes de la tradición pedagógica. La claridad conceptual, la organización progresiva de los contenidos y el rigor en el uso del lenguaje científico continúan siendo aspectos valiosos dentro de la enseñanza. La dificultad aparece cuando la explicación se convierte en la estrategia dominante y desplaza otras formas de participación. En los contextos donde la dinámica de la clase se organiza alrededor de la transmisión de información, disminuyen las posibilidades de que los estudiantes participen efectivamente en la construcción de significados y en la elaboración de explicaciones propias.

Además de los aspectos metodológicos, existe una dimensión relacionada con la identidad profesional docente. Muchos educadores fueron formados bajo modelos expositivos y construyeron su seguridad profesional a partir de estas experiencias. Modificar las prácticas implica revisar concepciones profundamente arraigadas acerca de la enseñanza, el aprendizaje y la función del docente. Este proceso suele generar incertidumbre, dado que cuestiona estructuras que durante años ofrecieron estabilidad y previsibilidad. En consecuencia, la innovación

educativa trasciende la reconstrucción gradual de la identidad profesional para entenderse como la adopción de nuevas técnicas metodológicas.

Las condiciones estructurales del sistema educativo también contribuyen a la permanencia de este enfoque. Currículos extensos, tiempos limitados, grupos numerosos y crecientes exigencias administrativas favorecen estrategias orientadas a cubrir contenidos con rapidez. Sin embargo, la velocidad en la enseñanza no garantiza la profundidad del aprendizaje. Por esta razón, con frecuencia, la aparente eficiencia en la transmisión de información se traduce en una construcción limitada de aprendizajes significativos y duraderos.

Cuando la ciencia escolar se presenta como un discurso cerrado y definitivo, los estudiantes pueden desarrollar una actitud pasiva frente al conocimiento. De esta manera, aprenden a aceptar la información científica sin cuestionarla, analizarla ni discutirla críticamente. Esta visión resulta incompatible con el carácter reflexivo y crítico que define a la actividad científica y limita la capacidad de interpretar información en contextos sociales complejos. En una sociedad marcada por desafíos ambientales, tecnológicos y sanitarios, esta limitación adquiere una importancia formativa considerable.

El actual currículo ecuatoriano (Minedec, 2025) propone el desarrollo de competencias que integran conocimientos, habilidades y actitudes científicas. No obstante, cuando las prácticas pedagógicas continúan sustentándose en esquemas transmisivos, existe el riesgo de que dichos planteamientos permanezcan únicamente en el plano formal. La articulación efectiva entre las intenciones curriculares y las experiencias reales de aprendizaje sigue siendo uno de los retos más importantes de la formación docente contemporánea.

La persistencia del modelo transmisivo pone de manifiesto una paradoja significativa. Por un lado, proporciona organización, estabilidad y seguridad profesional; por otro, limita la experiencia epistemológica necesaria para comprender la ciencia como una construcción humana dinámica y revisable. Ofrece orden y control, pero restringe la reconstrucción conceptual profunda que caracteriza al aprendizaje científico significativo. Reconocer esta tensión, lejos de rechazar la tradición pedagógica, exige analizarla críticamente a la luz de los aportes actuales de la epistemología, la psicología del aprendizaje y la didáctica de las ciencias.

La transformación de la enseñanza de las ciencias naturales comienza al examinar críticamente los supuestos que sustentan las prácticas hereditarias, antes que con su negación. Comprender que la ciencia se caracteriza por su carácter

dinámico, revisable y susceptible de modelización exige replantear las formas en que se enseña. Desde esta perspectiva, revisar el modelo transmisivo deja de ser una propuesta de innovación metodológica para convertirse en una necesidad de coherencia intelectual entre la naturaleza del conocimiento científico y las experiencias educativas que se promueven en el aula.

Rigideces entre tradición e innovación pedagógica

Durante décadas, la tradición pedagógica basada en la transmisión del conocimiento constituyó una estructura que aportó estabilidad y organización a la enseñanza. Sin embargo, actualmente dicha tradición se enfrenta a nuevas exigencias derivadas de los avances epistemológicos y cognitivos. El fondo del debate radica en una tensión estructural entre distintas maneras de comprender la naturaleza del conocimiento científico y las formas más adecuadas de promover su aprendizaje, por encima de cualquier confrontación entre lo antiguo y lo moderno o de una simple disputa metodológica.

Históricamente, la enseñanza de las ciencias naturales se organizó mediante secuencias progresivas de contenidos disciplinares. Los conceptos eran presentados de forma ordenada y posteriormente evaluados a través de instrumentos que verificaban su asimilación. Este enfoque proporcionó coherencia organizativa y una estructura fácilmente reconocible para docentes y estudiantes. Sin embargo, la epistemología contemporánea concibe a la ciencia como una actividad dinámica, contextualizada y fundamentada en la construcción y revisión de modelos explicativos. Mientras la comprensión de la ciencia ha evolucionado hacia perspectivas más críticas y flexibles, muchas prácticas educativas continúan respondiendo a esquemas tradicionales, situación que amplía la brecha entre ambas dimensiones.

La construcción de modelos científicos implica elaborar, contrastar y reformular representaciones que permitan explicar fenómenos de la realidad. Este proceso exige la participación real en prácticas epistemológicas propias de la investigación científica. Los enfoques tradicionales, por el contrario, suelen privilegiar la recepción de modelos ya elaborados. En lugar de involucrarse en los procesos sobre los que se construye el conocimiento, los estudiantes reciben los resultados finales. Como consecuencia, se amplía la distancia entre la manera en que la ciencia se produce y la forma en que se enseña dentro de la escuela.

Desde la perspectiva del cambio conceptual, esta separación adquiere una relevancia particular. Aprender ciencias de manera significativa requiere confrontar las ideas previas y reorganizar los marcos explicativos con los que se interpretan los fenómenos. La enseñanza centrada en la exposición lineal de contenidos no siempre genera las condiciones necesarias para este proceso de reflexión y reconstrucción conceptual. Cuando la actividad educativa se concentra principalmente en reproducir definiciones correctas, los conflictos cognitivos que favorecen la transformación de las concepciones previas se debilitan.

La innovación pedagógica surge precisamente como una respuesta a la necesidad de restablecer la coherencia entre las concepciones epistemológicas actuales y las prácticas educativas. No obstante, innovar exige mucho más que la incorporación de estrategias participativas o actividades novedosas. Cuando estas metodologías se aplican sin revisar las concepciones de conocimiento que las sustentan, el cambio se vuelve superficial y corre el riesgo de convertirse en una innovación aparente. La verdadera transformación requiere replantear las bases sobre las que se construyen las experiencias de aprendizaje.

Las investigaciones sobre la indagación científica escolar muestran que los aprendizajes se fortalecen cuando los estudiantes participan en procesos auténticos de formulación de preguntas, análisis de datos, interpretación de evidencias y construcción de argumentos. Sin embargo, la implementación de estos enfoques depende de las condiciones institucionales y profesionales que no siempre están disponibles. Por ello, la tensión entre la tradición y la innovación no puede comprenderse únicamente desde una perspectiva teórica; también involucra factores estructurales relacionados con la organización del sistema educativo.

La evaluación conforma otro de los escenarios en los que esta tensión se hace evidente. Cuando los sistemas evaluativos favorecen respuestas cerradas y la reproducción de información, gran parte del potencial transformador de las metodologías innovadoras se diluye. Actualmente, respecto de la evaluación formativa se destaca que el desarrollo de competencias científicas requiere procesos continuos de retroalimentación, de análisis de procedimientos y de valoración de la argumentación. Sin una transformación paralela de la cultura evaluativa, las experiencias innovadoras tienden a convertirse en acciones aisladas con escaso impacto en los aprendizajes.

La alfabetización científica contemporánea demanda ciudadanos capaces de interpretar información, evaluar evidencias y participar de manera crítica en discusiones relacionadas con problemas científicos y tecnológicos. La sociedad

actual exige habilidades que permitan analizar afirmaciones científicas en contextos caracterizados por la incertidumbre y la complejidad. En este escenario, una enseñanza centrada exclusivamente en la transmisión de contenidos resulta insuficiente. La tensión entre tradición e innovación supera así los límites del aula y adquiere una dimensión social más amplia.

La transición hacia modelos más dialógicos, reflexivos y participativos no ocurre en condiciones ideales. Los docentes enfrentan presiones curriculares, limitaciones de tiempo y múltiples demandas institucionales que frecuentemente favorecen la continuidad de prácticas tradicionales. Además, innovar implica afrontar incertidumbres, revisar creencias arraigadas y replantear concepciones sobre la autoridad pedagógica y el control del aula. Este proceso afecta directamente la identidad profesional, la experiencia acumulada y la cultura institucional en la que se desarrolla la práctica educativa.

Sin embargo, la tradición no debe ser descartada de manera acrítica. El rigor conceptual, la secuenciación estructurada de los contenidos y la claridad expositiva continúan siendo aportes valiosos para la enseñanza de las ciencias. La solución no consiste en sustituir completamente un enfoque por otro; demanda, por el contrario, propiciar una integración crítica que permita aprovechar las fortalezas de ambos. El desafío consiste en combinar explicaciones rigurosas con oportunidades para la modelización, la argumentación y la indagación; mantener la estructura sin renunciar a la reflexión; y preservar la profundidad conceptual sin convertir la ciencia en un discurso cerrado e incuestionable.

La coherencia con los fundamentos epistemológicos resulta esencial. Si la ciencia se comprende como una construcción dinámica y revisable, la enseñanza debe reflejar esa característica. Si el aprendizaje implica reconstrucción conceptual, las prácticas pedagógicas deben generar condiciones que favorezcan conflictos cognitivos productivos. Y si la alfabetización científica requiere el análisis crítico de evidencias, las experiencias de aula deben ofrecer oportunidades sistemáticas para argumentar, debatir y justificar ideas. Desde esta perspectiva, la innovación deja de ser una tendencia pedagógica para convertirse en una consecuencia lógica de la concepción de ciencia que se adopta.

La tensión entre tradición e innovación deja de ser un problema que deba eliminarse, por el contrario, representa una manifestación natural de los procesos de transformación educativa. La tradición aporta estabilidad y fundamentos valiosos, mientras que las nuevas exigencias epistemológicas ponen de relieve la necesidad de adaptación y actualización. El equilibrio entre ambas dimensiones no

se alcanza mediante imposiciones externas ni a través de la adopción irreflexiva de metodologías novedosas y sólo se logra afianzar por medio de procesos continuos de reflexión profesional.

El verdadero desafío radica en supera las limitaciones de la enseñanza tradicional sin perder sus fortalezas. La enseñanza de las ciencias naturales se refuerza cuando fusiona claridad conceptual y participación epistemológica, estructura organizativa y diálogo reflexivo, explicación rigurosa y argumentación fundamentada. Alcanzar esta integración exige profundidad teórica, pensamiento crítico y compromiso profesional. Lejos de interpretar un obstáculo, la tensión entre tradición e innovación puede convertirse en una fuerza impulsora para la transformación educativa y el fortalecimiento de la práctica docente.

Cultura evaluativa y reducción del aprendizaje científico

La influencia del modelo transmisivo se manifiesta con claridad en las prácticas de enseñanza; sin embargo,es en la evaluación que se encuentra uno de sus mecanismos más eficaces de permanencia. El debate no se limita a la manera en que se enseña y, en su lugar, se extiende hacia aquello que se reconoce como aprendizaje válido dentro de la institución escolar. En numerosos contextos educativos, la cultura evaluativa dominante ha privilegiado la precisión terminológica, la existencia de respuestas únicas y la reproducción fiel de los contenidos trabajados en clase. Esta perspectiva responde a una tradición que asocia la objetividad con la exactitud formal y que, con frecuencia, confunde la comprensión conceptual con la capacidad de memorizar información correctamente.

La dificultad no radica en la búsqueda del rigor académico, ya que la ciencia exige precisión y consistencia en sus explicaciones. El problema aparece cuando el rigor se reduce exclusivamente a la exactitud superficial de las respuestas. Las prácticas evaluativas centradas en comprobar si los estudiantes recuerdan definiciones, clasificaciones o procedimientos estandarizados terminan por orientar el aprendizaje hacia ese mismo objetivo. La evaluación no opera como un instrumento neutral dentro del proceso educativo, por el contrario, actúa como una fuerza que moldea la manera en que se desarrolla el pensamiento en el contexto escolar. En consecuencia, lo que se evalúa determina, en gran medida, aquello que se estudia y la forma en que se comprende, al punto de que las prácticas evaluativas influyen directamente en las estrategias cognitivas utilizadas por los estudiantes. Cuando la retroalimentación se limita a señalar respuestas correctas o incorrectas, los procesos de estudio suelen orientarse hacia la reproducción eficiente de

información. En cambio, cuando la evaluación incorpora el análisis de procesos, la discusión fundamentada en evidencias y la construcción de argumentos, se generan oportunidades para desarrollar formas de pensamiento más complejas y reflexivas. La diferencia no sólo es metodológica; también implica una concepción distinta sobre la naturaleza del conocimiento y del aprendizaje.

Desde la perspectiva desarrollada en los fundamentos epistemológicos de las ciencias naturales, el conocimiento científico se entiende como un proceso continuo de construcción y revisión de modelos explicativos. En consecuencia, la evaluación debería permitir observar cómo los estudiantes elaboran, modifican y perfeccionan dichos modelos. Sin embargo, una cultura evaluativa centrada exclusivamente en los contenidos suele enfocarse en los resultados finales y deja en segundo plano los procesos de construcción conceptual. Esta reducción invisibiliza los conflictos cognitivos que conforman el núcleo del aprendizaje científico. De esta manera, un estudiante puede llegar a una respuesta correcta sin haber transformado realmente sus concepciones previas.

La evaluación posee además una dimensión simbólica de gran relevancia. En muchos sistemas educativos, las calificaciones funcionan simultáneamente como indicadores de éxito académico y como mecanismos de regulación institucional. Bajo estas condiciones, la evaluación deja de centrarse en la comprensión de los procesos de aprendizaje y se convierte principalmente en una herramienta de clasificación. En realidad, la implementación efectiva de la evaluación formativa requiere transformaciones culturales profundas. No basta con incorporar rúbricas, listas de cotejo o actividades alternativas si la lógica predominante continúa siendo sumativa, sancionadora y centrada en el control.

Esta problemática adquiere una complejidad aún mayor cuando se analiza desde el enfoque de la alfabetización científica contemporánea. Evaluar competencias científicas implica valorar la capacidad para interpretar datos, construir argumentos sólidos y tomar decisiones fundamentadas en evidencias. Estas habilidades difícilmente pueden ser medidas de manera adecuada mediante pruebas centradas exclusivamente en el recuerdo literal de información. Cuando los objetivos educativos promueven competencias complejas, pero las prácticas evaluativas continúan privilegiando respuestas cerradas, se genera una disonancia estructural que debilita la coherencia del proceso formativo.

Las formas tradicionales de evaluación ofrecen certezas prácticas que explican parcialmente su permanencia. Su aplicación suele ser más sencilla, la corrección requiere menos tiempo y los resultados son fácilmente cuantificables. En contextos marcados por elevadas demandas administrativas y limitaciones de tiempo, estas características resultan funcionales. Sin embargo, esta simplificación tiene consecuencias importantes. El aprendizaje termina reduciéndose a aquello que puede medirse con mayor facilidad, mientras que aspectos como la argumentación, la creatividad en la explicación o la capacidad de establecer relaciones entre conceptos en situaciones nuevas quedan frecuentemente relegados.

Asimismo, la discusión estructurada y la justificación de afirmaciones contribuyen significativamente a la comprensión conceptual. Estas prácticas requieren formas de evaluación coherentes con su naturaleza. Cuando la argumentación no forma parte de los criterios de valoración, pierde relevancia dentro de la dinámica educativa. En este sentido, la cultura evaluativa actúa como un poderoso regulador de la experiencia de aprendizaje y establece qué actividades son consideradas importantes y cuáles ocupan un lugar secundario.

La finalidad no consiste en reemplazar toda la evaluación objetiva mediante actividades abiertas carentes de criterios claros. La ciencia exige precisión conceptual y consistencia en el razonamiento. El desafío radica en ampliar las perspectivas de evaluación para incluir, junto con los resultados obtenidos, los procesos de pensamiento, las formas de razonamiento y la construcción de significados. Cuando la evaluación logra equilibrar la exactitud conceptual con el análisis reflexivo, se aproxima de manera más auténtica a la lógica propia de la actividad científica.

Reducir el aprendizaje científico a la acumulación de contenidos fácilmente evaluables genera una paradoja difícil de ignorar. En apariencia, se garantiza una amplia cobertura curricular; sin embargo, la comprensión profunda permanece limitada. Esta situación no siempre se refleja en los indicadores cuantitativos tradicionales. Sus consecuencias se hacen evidentes cuando los estudiantes se enfrentan a problemas que exigen aplicar su conocimiento en contextos distintos. Es precisamente en esos momentos cuando se manifiesta la fragilidad de los aprendizajes construidos sobre la base de la memorización.

Analizar críticamente la cultura de la evaluación, antes que suponer un rechazo al proceso evaluativo en sí mismo, orienta en la recuperación de su potencial formativo y al reconocimiento de su papel dentro del proceso de construcción del conocimiento. La evaluación puede convertirse en un espacio privilegiado

para la reflexión metacognitiva y permitir que los estudiantes comprendan su proceso de aprendizaje, identifiquen sus dificultades y reconozcan la manera en que perfeccionan sus explicaciones. Desde esta perspectiva, este proceso deja de funcionar como un mecanismo de control y pasa a actuar como un componente esencial del aprendizaje científico.

Una cultura evaluativa centrada únicamente en los contenidos limita las posibilidades de aprendizaje y transmite una determinada concepción de la ciencia y del conocimiento. Transformar esta realidad exige coherencia entre los fundamentos epistemológicos, las prácticas pedagógicas y los procesos de evaluación. Cuando dicha coherencia no existe, los intentos de innovación educativa tienden a permanecer en la superficie, mientras las estructuras más profundas del sistema educativo continúan reproduciendo las mismas lógicas tradicionales.

Fragmentación entre discurso científico y experiencia escolar

El modelo tradicional genera una separación profunda entre el discurso científico y las experiencias que viven los estudiantes dentro de la escuela. Esta fragmentación suele pasar desapercibida porque se encuentra cubierta por una estructura curricular aparentemente coherente y por una enseñanza disciplinar rigurosa. Sin embargo, la distancia entre la manera en que la ciencia se construye realmente y la forma en que es presentada en el aula continúa siendo considerable.

La práctica científica se desarrolla en escenarios caracterizados por la incertidumbre, la discusión y la construcción progresiva de explicaciones. Las preguntas no siempre tienen respuestas inmediatas, los datos requieren interpretación y las teorías son revisadas a medida que aparecen nuevas evidencias. En contraste, la ciencia escolar suele presentarse como un discurso lineal organizado en secuencias temáticas cerradas, en las que las tensiones propias del trabajo científico desaparecen. Esta simplificación responde a la necesidad de estructurar los contenidos para fines educativos, pero cuando se elimina la dimensión problemática del conocimiento, se genera una desconexión entre la epistemología de la ciencia y la experiencia de aprendizaje de los estudiantes.

Las investigaciones sobre la modelización científica señalan que comprender la ciencia implica participar activamente en la construcción, el análisis y la revisión de representaciones explicativas. No obstante, en muchos contextos escolares los estudiantes tienen acceso únicamente a los modelos ya terminados. Temas como la estructura atómica, el ciclo del agua o los sistemas de clasificación biológica suelen presentarse como conocimientos completos y definitivos. Los estudiantes conocen

los resultados, pero rara vez experimentan los procesos de duda, error, debate y reformulación que permitieron construir dichos modelos. En consecuencia, el aprendizaje se direcciona hacia la adquisición de respuestas en lugar de favorecer la comprensión de los procesos que los originaron.

Esta fragmentación también se manifiesta en la escasa relación entre los contenidos científicos y las realidades cotidianas de los estudiantes. Cuando la enseñanza no se relaciona con los conceptos y los problemas ambientales, tecnológicos o sociales presentes en el entorno, el conocimiento pierde gran parte de su significado. La alfabetización científica contemporánea demanda una enseñanza capaz de vincular la ciencia escolar con situaciones concretas y relevantes para la vida de las personas. Una clase centrada exclusivamente en la transmisión de definiciones aisladas debilita el vínculo entre el conocimiento científico y la experiencia cotidiana.

La distancia entre el discurso científico y la experiencia escolar afecta tanto la comprensión conceptual como la percepción que los estudiantes desarrollan sobre la propia ciencia. Cuando el conocimiento se presenta como un conjunto abstracto de conceptos descontextualizados, suele percibirse como algo lejano a la realidad diaria. La curiosidad natural, que constituye uno de los motores fundamentales del pensamiento científico, encuentra pocas oportunidades para desarrollarse. Como resultado, la escuela corre el riesgo de convertir la ciencia en un saber distante y poco accesible, a pesar de que su principal finalidad consiste en ayudar a comprender el mundo que nos rodea.

Desde la perspectiva del cambio conceptual, esta situación genera consecuencias adicionales. Las ideas previas de los estudiantes se construyen a partir de sus experiencias personales y de sus interacciones con el entorno. Cuando la enseñanza no establece puentes explícitos entre esas experiencias y los conceptos científicos, la reconstrucción conceptual se vuelve más compleja. El conocimiento escolar se incorpora superficialmente sobre estructuras previas sin llegar a integrarse plenamente con ellas. Como consecuencia, la coherencia interna de los esquemas de pensamiento puede verse comprometida y los aprendizajes resultan menos estables y transferibles.

La fragmentación también se encuentra estrechamente relacionada con la cultura de evaluación predominante. Las prácticas evaluativas que priorizan la repetición formal de contenidos refuerzan la separación entre la comprensión contextual y la reproducción terminológica. Los estudiantes aprenden a identificar la respuesta correcta dentro de una prueba, pero no necesariamente

desarrollan la capacidad de interpretar fenómenos fuera de ese contexto. De esta manera, la institución educativa corre el riesgo de funcionar como un sistema cerrado, regido por lógicas internas que se alejan de la complejidad del mundo real.

Es importante reconocer que cierto grado de simplificación resulta inevitable cuando el conocimiento científico se adapta para ser enseñado. Todo proceso de transposición didáctica implica seleccionar contenidos, reorganizarlos y ajustarlos a las características de los estudiantes. El problema no obedece a la simplificación en sí misma, en realidad, surge en el momento en que esta elimina las dimensiones de cuestionamiento, problematización e investigaciónque son propias de la ciencia. La escuela no puede reproducir de forma íntegra la práctica científica profesional, pero sí es capaz de conservar su carácter exploratorio, argumentativo y reflexivo.

Las propuestas contemporáneas para la enseñanza de las ciencias tienen como objetivo reducir esta brecha mediante metodologías centradas en la indagación y la argumentación científica. Estos enfoques pretenden recrear, en el contexto escolar,los procesos de formulación de preguntas, evaluación de evidencias y análisis crítico que caracterizan a la actividad científica. Cuando los estudiantes elaboran hipótesis, interpretan datos y justifican sus conclusiones, las experiencias de aprendizaje se aproximan de manera más auténtica a los fundamentos epistemológicos de la ciencia.

La incorporación de estas prácticas requiere coherencia entre las distintas dimensiones del sistema educativo. Si el currículo promueve el pensamiento crítico, pero las prácticas cotidianas continúan centradas en la transmisión lineal de contenidos, la fragmentación permanece. Superar esta situación exige una articulación efectiva entre el discurso curricular, las estrategias de enseñanza y los procedimientos de evaluación. Solamente mediante esta coherencia es posible construir experiencias educativas que reflejen, de manera auténtica, la naturaleza de la ciencia.

En última instancia, la fragmentación entre el discurso científico y la experiencia escolar encapsula un problema de significado. La ciencia pierde gran parte de su potencial formativo cuando se desconecta de las experiencias concretas de los estudiantes. Enseñar ciencias supera la idea de sólo transmitir información, se refiere al acompañamiento de procesos de comprensión que integren teoría, experiencia y reflexión crítica. El aprendizaje adquiere sentido cuando los estudiantes pueden relacionar lo que aprenden con las preguntas, las situaciones y

los desafíos de su entorno.

Superar esta fragmentación exige revisar las lógicas que organizan la enseñanza. Este proceso, a su vez,demanda reincorporar las dimensiones de cuestionamiento, contextualización e investigación que forman parte de su esencia, sin abandonar la estructura conceptual que caracteriza al conocimiento científico. Cuando los estudiantes reconocen que la ciencia está relacionada con su realidad y que sus propias experiencias tienen un lugar dentro de la construcción del conocimiento, la distancia entre el discurso académico y la vida cotidiana comienza a reducirse. Es entonces cuando la enseñanza de las ciencias naturales recupera su propósito formativo y su capacidad de contribuir a la comprensión crítica del mundo.

Consecuencias formativas: motivación, identidad científica y pensamiento crítico

Las tensiones estructurales analizadas hasta este punto generan consecuencias educativas de gran alcance. Sus efectos desbordan la organización curricular y las metodologías de enseñanza e influyen directamente en la motivación de los estudiantes, en la construcción de su identidad académica y en el desarrollo de capacidades vinculadas al pensamiento crítico. La enseñanza centrada en la transmisión de contenidos condiciona lo que se aprende y la manera en que los estudiantes se perciben a sí mismos en relación con el conocimiento científico.

La motivación hacia el aprendizaje de las ciencias no surge exclusivamente de un interés espontáneo; se construye a través de experiencias educativas capaces de otorgar significado y relevancia al conocimiento. Cuando la ciencia es presentada como un conjunto cerrado de informaciones, desvinculado de preguntas auténticas y reducido al cumplimiento de exigencias evaluativas, corre el riesgo de convertirse en una obligación escolar más. En estas circunstancias, los estudiantes no necesariamente desarrollan rechazo hacia la ciencia; en su lugar, aprenden a relacionarse con ella como una tarea que debe completarse para cumplir con las demandas institucionales.

Cabe resaltar, igualmente, que el interés por las ciencias se fortalece cuando los estudiantes participan activamente en procesos de indagación, discusión y construcción de explicaciones. También, la participación en prácticas epistemológicas como la formulación de preguntas, el análisis de datos y el debate de interpretaciones favorece el desarrollo de la autonomía intelectual y mejora la disposición hacia el aprendizaje científico. Cuando estas oportunidades son limitadas, la motivación suele desplazarse hacia el cumplimiento de tareas

y la obtención de resultados académicos, de modo que el interés genuino por comprender los fenómenos estudiados pierde relevancia.

La construcción de una identidad científica implica otro aspecto fundamental dentro de este proceso. Aprender ciencias implica también desarrollar la convicción de que se posee la capacidad para pensar, analizar y actuar de manera científica. Sin embargo, las aulas que privilegian las respuestas correctas por encima de los procesos argumentativos pueden transmitir la idea de que la ciencia pertenece únicamente a quienes dominan rápidamente el lenguaje técnico o alcanzan resultados inmediatos. Los estudiantes que requieren más tiempo para reorganizar sus explicaciones y construir significados pueden experimentar una creciente sensación de distancia respecto de la disciplina.

Desde la perspectiva del cambio conceptual, la transformación de los marcos explicativos es un proceso gradual que requiere conflicto cognitivo, reflexión metacognitiva y oportunidades para revisar las propias ideas. Las culturas escolares que penalizan el error, en lugar de reconocerlo como parte natural del aprendizaje, tienden a promover estrategias defensivas. Bajo estas condiciones, la motivación deja de centrarse en la exploración conceptual para direccionarse hacia la búsqueda de la seguridad evaluativa, con el objetivo de evitar el fracaso académico.

En el campo de la evaluación formativa, la relación entre evaluación y motivación indica que la retroalimentación centrada en los procesos de aprendizaje favorece que los estudiantes reconozcan el valor de su esfuerzo intelectual y comprendan mejor cómo progresan en la construcción del conocimiento. Por el contrario, cuando la evaluación se limita a clasificar, calificar y comparar resultados, la motivación se concentra en la obtención de notas y no en el compromiso auténtico con el aprendizaje.

El pensamiento crítico constituye una de las competencias más relevantes que se encuentran en juego dentro de este escenario. La alfabetización científica contemporánea exige la capacidad de analizar argumentos, interpretar información, valorar evidencias y participar en debates relacionados con problemáticas científicas y sociales. Estas capacidades no se desarrollan de manera espontánea; requieren oportunidades sistemáticas para argumentar, justificar posiciones y confrontar puntos de vista. El debate estructurado y la explicación fundamentada en evidencias fortalecen significativamente las habilidades de razonamiento. No obstante, estas prácticas requieren tiempo, diálogo y espacios de reflexión que frecuentemente se ven limitados por la presión de cumplir con los contenidos en períodos reducidos.

La motivación ha de comprenderse como el resultado de la interacción constante entre el estudiante y el contexto pedagógico en el que aprende, antes que como una característica individual aislada. Cuando los estudiantes perciben que sus preguntas son valoradas, que sus ideas son escuchadas y que los errores forman parte del proceso de aprendizaje, aumenta su confianza intelectual y se fortalece su disposición para asumir nuevos desafíos cognitivos. Por ende, la identidad científica se desarrolla en aquellos entornos donde la reflexión, la exploración y la participación ocupan un lugar significativo.

Esta problemática posee una dimensión social de gran importancia. La ciencia ocupa un papel central en los debates contemporáneos relacionados con la salud, el medio ambiente, la tecnología y la sostenibilidad. Los enfoques educativos que no promueven el análisis crítico de la información científica limitan las posibilidades de participación futura de los estudiantes en estos escenarios. La ausencia de pensamiento crítico en la enseñanza de las ciencias supera la condición de un mero problema académico y se afianza como una preocupación vinculada al ejercicio responsable de la ciudadanía.

La fragmentación entre el discurso científico y la experiencia escolar influye directamente en la construcción de significado. Si los estudiantes no logran establecer relaciones entre lo que aprenden y las situaciones que experimentan en su vida cotidiana, la motivación tiende a disminuir progresivamente. Restablecer esta conexión implica transformar el aula en un espacio donde las preguntas auténticas, los problemas reales y la curiosidad tengan un lugar legítimo dentro del aprendizaje. La curiosidad científica no necesita ser creada de forma artificial, ya que requiere ser reconocida, estimulada y acompañada.

La tradición pedagógica ha aportado elementos valiosos como la estructura, la organización y la claridad conceptual. Por su parte, las propuestas contemporáneas han contribuido con una mayor apertura al diálogo, la participación y el reconocimiento de los procesos cognitivos involucrados en el aprendizaje. Una formación integral exige la articulación coherente de ambas perspectivas. La motivación se fortalece cuando los estudiantes comprenden que la ciencia actúa como una herramienta para interpretar el mundo. La identidad científica se construye mediante la participación activa en la elaboración del conocimiento. El pensamiento crítico se desarrolla cuando la argumentación y la reflexión se incluyen dentro de la experiencia educativa.

Las tensiones analizadas a lo largo de esta discusión son, en esencia, tensiones

profundamente educativas. Determinan la forma en que las nuevas generaciones se relacionan con el conocimiento científico y condicionan las posibilidades de construir una ciudadanía crítica y comprometida. Afrontarlas requiere mucho más que incorporar técnicas innovadoras o modificar actividades aisladas; exige revisar críticamente las lógicas que organizan la enseñanza, la evaluación y la experiencia escolar en su conjunto. Sólo una articulación coherente entre epistemología, pedagogía y cultura evaluativa permitirá que la enseñanza de las ciencias naturales contribuya de manera significativa al desarrollo intelectual, personal y ciudadano de los estudiantes.

Capítulo

3

Currículo, competencias y evaluación: entre prescripción método y vínculo epistemológica

Enfoque por competencias en educación científica: promesas, tensiones y redefiniciones necesarias

El enfoque por competencias se ha consolidado como uno de los pilares centrales de las reformas curriculares contemporáneas. Sin embargo, más allá de su incorporación en los documentos oficiales, resulta necesario reflexionar sobre las implicaciones epistemológicas y pedagógicas que dicha adopción conlleva. La cuestión fundamental, en vez de restringirse a definir qué es una competencia, reside en comprender cómo esta transforma las relaciones entre el conocimiento, el aprendizaje y la evaluación dentro del proceso educativo.

En el ámbito de las ciencias naturales, una competencia puede entenderse como la capacidad de movilizar conocimientos, habilidades y actitudes para interpretar fenómenos, resolver problemas y tomar decisiones fundamentadas. Esta concepción destaca la necesidad de superar modelos centrados en la acumulación de contenidos declarativos. El propósito consiste en avanzar hacia formas de aprendizaje más integradas y contextualizadas. No obstante, esta transición no ocurre de manera automática; existe el riesgo de adoptar el lenguaje de las competencias sin modificar realmente las prácticas educativas, las cuales continúan respondiendo a lógicas tradicionales.

Hablar de competencias científicas implica reconocer que el conocimiento va más allá de la memorización de conceptos. La ciencia construye modelos explicativos, formula hipótesis, analiza evidencias y desarrolla argumentos sustentados en información verificable. En este sentido, una competencia científica supone la participación en prácticas epistemológicas que recrean, en el ámbito escolar, la lógica propia de la investigación científica. Cuando el enfoque por competencias se reduce a una lista de habilidades vinculadas a contenidos específicos, pierde gran parte de su potencial transformador y corre el riesgo de convertirse en una reorganización superficial del currículo.

Uno de los propósitos fundamentales de este enfoque consiste en integrar conocimientos, habilidades y actitudes dentro de experiencias de aprendizaje significativas. Sin embargo, en muchos casos, estas dimensiones terminan fragmentándose en indicadores aislados que se trabajan de forma independiente. Esta situación contradice la propia definición de competencia como capacidad de movilización integrada. Las investigaciones sobre la implementación curricular muestran que, cuando no existe coherencia pedagógica, las competencias permanecen como formulaciones teóricas desvinculadas de la realidad del aula.

La coherencia con los fundamentos epistemológicos resulta esencial. Si la ciencia se concibe como un proceso dinámico de construcción y revisión de modelos explicativos, entonces la competencia científica debe incluir la capacidad de elaborar, analizar y perfeccionar dichos modelos. Desde esta perspectiva, el currículo deja atrás la enumeración de contenidos con el propósito de generar experiencias que permitan problematizarlos, explorarlos y reconstruirlos. Las competencias distan de ser el resultado de una repetición mecánica, pues se afianzan a través de procesos de confrontación cognitiva, de reflexión crítica y de aplicación contextualizada del conocimiento.

La principal fortaleza del enfoque por competencias reside en su capacidad integradora. Su propósito es superar las divisiones tradicionales entre la teoría y la práctica, entre el conocimiento y la acción. Sin embargo, para alcanzar este objetivo,resulta imprescindible revisar tanto la cultura de evaluación como la organización de las experiencias de aprendizaje. Una evaluación centrada exclusivamente en respuestas cerradas convierte las competencias en un discurso curricular sin impacto real. En definitiva, el desarrollo competencial depende de procesos de retroalimentación orientados a comprender cómo aprenden los estudiantes, en vez de sólo verificar los resultados finales.

El surgimiento del enfoque por competencias responde también a transformaciones sociales que demandan ciudadanos capaces de interpretar información científica en contextos complejos. Los desafíos ambientales, tecnológicos y sanitarios contemporáneos exigen capacidades de análisis, valoración crítica de evidencias y toma de decisiones fundamentadas. Sin embargo, la presión por cumplir estándares y evidenciar resultados puede conducir a una simplificación excesiva del concepto de competencia, reduciéndolo a una serie de requisitos operativos fácilmente verificables.

Asumir el enfoque por competencias con rigor implica reconocer que una competencia científica auténtica no puede separarse de la alfabetización científica. De hecho, comprender información, construir argumentos sólidos y tomar decisiones sustentadas en evidencias forman parte de una misma realidad educativa. Asimismo, este enfoque tampoco puede desvincularse de los procesos de cambio conceptual que permiten transmutar las formas de comprender e interpretar el mundo.

La adopción de este enfoque exige una redefinición del papel docente. Bajo este análisis, la enseñanza abandona la transmisión de información organizada para concentrarse en el diseño de situaciones que promuevan la reflexión, la

movilización cognitiva y la construcción activa del conocimiento. Para ello, el docente necesita un dominio sólido tanto de los contenidos como de sus fundamentos epistemológicos. Las competencias no sustituyen al conocimiento; lo sitúan dentro de una estructura más amplia,orientada a su aplicación significativa.

El enfoque pierde profundidad cuando se confunde el desempeño observable con el aprendizaje genuino. Una competencia implica transferir conocimientos a contextos nuevos, así como integrar diversas fuentes de información y revisar explicaciones ante evidencias contradictorias, por lo que estas capacidades difícilmente pueden ser capturadas mediante indicadores simplificados o evaluaciones centradas en resultados inmediatos.

El enfoque por competencias ofrece una oportunidad para articular el currículo, la epistemología y la práctica pedagógica; sin embargo, esta articulación no se logra mediante declaraciones normativas. Requiere una coherencia estructural entre las intenciones curriculares, las estrategias de enseñanza y las formas de evaluación. Cuando la cultura escolar mantiene lógicas transmisivas, las competencias corren el riesgo de reducirse a un discurso formal. En cambio, cuando se vinculan con prácticas de argumentación, modelización e indagación, se convierten en experiencias auténticas de aprendizaje científico.

El análisis de las condiciones que permiten la implementación efectiva del enfoque por competencias resulta fundamental para comprender su potencial educativo. La coherencia entre los fundamentos epistemológicos, el diseño curricular y las prácticas evaluativas determinará si las competencias logran consolidarse como experiencias formativas significativas o si permanecen como formulaciones programáticas sin impacto real en la enseñanza de las ciencias naturales.

De la competencia a la destreza: operacionalización curricular y desafíos de la descomposición

El enfoque por competencias plantea una transformación profunda en la organización curricular. Dentro de esta estructura, la destreza con criterio de desempeño se perfila como una de las expresiones más concretas de operacionalización. Mientras la competencia se formula como una capacidad amplia de movilización cognitiva, la destreza busca especificar aquello que el estudiante debe ser capaz de realizar en situaciones observables. Esta transición plantea una tensión conceptual importante: cómo traducir la complejidad del aprendizaje en acciones concretas sin reducir su riqueza formativa.

La destreza pretende articular conocimientos, procedimientos y contextos de aplicación. Lejos de reducirse únicamente a un contenido o una habilidad aislada, esta propicia la integración de ambos puntos dentro de una actuación situada. Sin embargo, el proceso de operacionalización curricular exige delimitar y seleccionar aspectos específicos del aprendizaje. Toda delimitación implica el riesgo de fragmentar aquello que originalmente fue concebido como una totalidad integrada.

La fragmentación aparece cuando la destreza es interpretada como un micro objetivo independiente. Al desvincularse de la estructura conceptual que le otorga significado, se transforma en una acción aislada que debe cumplirse de manera secuencial. Entonces, el currículo deja de funcionar como una red de aprendizajes articulados y se convierte en una sucesión de tareas independientes. En este proceso, la lógica integradora propia de las competencias corre el riesgo de diluirse en una acumulación de indicadores fragmentados.

Desde la perspectiva epistemológica desarrollada en los fundamentos de la enseñanza de las ciencias, esta situación resulta problemática. La ciencia avanza conforme a la integración progresiva de modelos explicativos cada vez más complejos, por encima de cualquier acumulación de fragmentos inconexos. Prácticas como la modelización, la argumentación y el análisis de evidencias requieren conexiones conceptuales permanentes. Cuando una destreza se aplica de forma aislada y al margen de una red conceptual coherente, el aprendizaje pierde profundidad estructural y significado epistemológico.

En el contexto de la modelización científica, actualmente se considera que la comprensión se fortalece cuando los estudiantes logran relacionar conceptos dentro de marcos explicativos amplios. Una destreza centrada exclusivamente en ejecutar una acción específica, como identificar elementos de un sistema, no garantiza por sí sola la comprensión de las relaciones que estructuran dicho sistema. Por ello, la operacionalización curricular debe evitar reducir el pensamiento científico a la realización de tareas aisladas carentes de integración conceptual.

La cultura evaluativa desempeña un papel decisivo en este proceso. Cuando las destrezas se transforman en indicadores que se verifican mediante respuestas cerradas, se eleva el riesgo de una simplificación excesiva. El desempeño observable permite constatar la ejecución inmediata de una tarea, pero no revela las estructuras cognitivas que la sustentan. Evaluar procesos complejos exige instrumentos capaces de visibilizar formas de razonamiento, procesos de análisis y mecanismos de construcción conceptual.

La formulación de destrezas responde a la necesidad de proporcionar claridad y orientación para la práctica docente. La operacionalización curricular facilita la planificación y la definición de metas concretas de aprendizaje. Sin embargo, esta claridad operativa no debe confundirse con una reducción de la complejidad conceptual. El verdadero desafío consiste en conservar la riqueza epistemológica del conocimiento científico mientras se diseñan desempeños observables y viables dentro del ámbito pedagógico.

El aprendizaje científico no se construye mediante actos aislados; se desarrolla a través de trayectorias progresivas que permiten integrar conocimientos, habilidades y actitudes en estructuras cada vez más complejas. La destreza representa un momento dentro de esa trayectoria, pero no puede sustituir el proceso completo. Una planificación centrada exclusivamente en el cumplimiento de destrezas individuales corre el riesgo de perder de vista el carácter longitudinal y acumulativo del desarrollo conceptual.

La alfabetización científica contemporánea exige capacidades que superan los desempeños puntuales. Interpretar información compleja, evaluar argumentos contrapuestos y transferir conocimientos a situaciones nuevas son procesos que no emergen de la simple acumulación de tareas fragmentadas. Estas capacidades se desarrollan mediante experiencias integradas que favorecen la movilización significativa del conocimiento. Desde esta perspectiva, las destrezas deben entenderse como puntos de entrada hacia procesos más amplios, antes que como metas finales en sí mismas.

La operacionalización curricular requiere coherencia entre la formulación de las destrezas y las formas en que estas se implementan en el aula. Una destreza orientada al análisis crítico pierde su sentido cuando se trabaja mediante actividades centradas exclusivamente en la reproducción mecánica de información. Por ello, la coherencia entre el diseño curricular, la práctica pedagógica y la evaluación se configura como una condición indispensable para preservar el propósito formativo del enfoque por competencias.

La fragmentación también repercute en la motivación y en la construcción de la identidad científica de los estudiantes. Cuando el aprendizaje se percibe como una secuencia de tareas desconectadas, disminuye la posibilidad de atribuir significado a las experiencias educativas. En cambio, si las destrezas se integran dentro de proyectos, problemas auténticos o modelos explicativos coherentes, los estudiantes serán capacdes de reconocer la continuidad y el propósito de sus procesos de aprendizaje.

El paso de la competencia a la destreza constituye, en última instancia, una decisión de carácter epistemológico. Implica determinar qué aspectos del conocimiento científico se consideran prioritarios y cómo serán organizados dentro de las experiencias escolares. La operacionalización curricular debe conservar la complejidad conceptual sin caer en abstracciones excesivas, así como ofrecer claridad práctica sin reducir el aprendizaje a la ejecución mecánica de acciones.

La destreza puede convertirse en una valiosa herramienta de mediación pedagógica cuando se comprende como la expresión concreta de una competencia integrada, contextualizada y significativa. Sin embargo, puede transformarse en un mecanismo de fragmentación cuando se la trata como una unidad aislada que debe cumplirse de manera independiente. La diferencia radica en la coherencia existente entre la epistemología, el diseño curricular y la evaluación. Es precisamente en esa articulación en la cual se define si la operacionalización fortalece o debilita la enseñanza de las ciencias naturales.

Evaluación formativa en ciencias como norma del aprendizaje

El enfoque por competencias redefine las finalidades del currículo y las destrezas con criterio de desempeño componen su forma más concreta de operacionalización. Sin embargo, es en la evaluación donde las intenciones pedagógicas son realmente puestas a prueba. No basta con analizar aquello que se declara en los documentos curriculares; resulta imprescindible examinar lo que ocurre en la práctica cotidiana. De hecho, es en los procesos de evaluación donde se decide qué se considera aprendizaje válido, cómo se evidencia y cuáles son los criterios que determinan su reconocimiento: allí se hacen visibles las estructuras más profundas que organizan el sistema educativo.

Reflexionar sobre la evaluación formativa en la enseñanza de las ciencias naturales implica mucho más que la descripción de técnicas de retroalimentación o la incorporación de instrumentos como rúbricas y listas de cotejo. La evaluación formativa responde a una concepción particular del aprendizaje, entendida como un proceso en construcción que requiere acompañamiento, análisis y ajustes permanentes. Esta perspectiva mantiene una estrecha relación con los fundamentos epistemológicos desarrollados previamente. Si el conocimiento científico se construye mediante procesos progresivos de modelización y revisión, la evaluación no puede limitarse a verificar productos terminados; debe atender también a la evolución conceptual que experimentan los estudiantes a lo largo del tiempo.

En general, una retroalimentación efectiva favorece la reorganización cognitiva de los estudiantes. En el ámbito de las ciencias, los docentes que emplean preguntas abiertas, analizan los razonamientos de sus estudiantes y promueven la discusión fundamentada en evidencias contribuyen a la construcción de explicaciones más profundas y significativas. Desde esta perspectiva, la evaluación deja de ser un evento puntual para convertirse en una práctica continua de regulación, acompañamiento y apoyo al aprendizaje.

Cuando el término "formativo" se adopta únicamente como una etiqueta, pierde gran parte de su significado. En algunos contextos educativos se incorporan instrumentos aparentemente innovadores, mientras se mantiene intacta la lógica tradicional de clasificación y control. Bajo estas condiciones reaparecen las tensiones previamente analizadas entre innovación y tradición. Una cultura evaluativa centrada principalmente en la calificación sumativa reduce la evaluación formativa a un complemento secundario con escasa influencia sobre los procesos reales de aprendizaje.

Evaluar el conocimiento científico significa más que la verificación de la capacidad de recordar información. Requiere analizar cómo los estudiantes interpretan datos, construyen argumentos y modifican sus explicaciones frente a nuevas evidencias. Esta dimensión epistemológica demanda herramientas capaces de hacer visibles los procesos de pensamiento. Las respuestas correctas constituyen una parte importante de la evaluación, pero comprender las razones que las sustentan resulta igualmente relevante para valorar el aprendizaje científico.

Desde la perspectiva del cambio conceptual, la evaluación formativa adquiere una importancia especial. La transformación de las ideas previas no ocurre de manera inmediata ni sigue trayectorias lineales. Los estudiantes necesitan oportunidades para expresar sus concepciones iniciales, contrastarlas con evidencias y revisarlas progresivamente. Las prácticas evaluativas que permiten identificar estas concepciones sin asociarlas inmediatamente al error sancionable convierten la evaluación en una herramienta para el aprendizaje y transforman el error en una fuente valiosa de información pedagógica.

Tanto docentes como estudiantes han sido formados en culturas escolares donde las calificaciones operan como el principal indicador de éxito académico. Modificar esta lógica requiere tiempo, reflexión y procesos de transformación institucional. Lejos de proponer la eliminación de las calificaciones (requeridas por los sistemas educativos), se busca equilibrar su función certificadora con su potencial regulador y formativo, de manera que la evaluación contribuya al

aprendizaje sin reducirse exclusivamente a la asignación de resultados numéricos.

La coherencia del enfoque por competencias encuentra en este punto una prueba decisiva. Una competencia científica implica movilizar conocimientos y habilidades en contextos diversos. Por tanto, su evaluación debe centrarse en la observación de procesos de transferencia conceptual, análisis de evidencias y construcción de argumentos fundamentados. Cuando los instrumentos evaluativos no logran captar esta movilización, las competencias corren el riesgo de convertirse en declaraciones retóricas sin impacto real sobre la práctica educativa. Algo similar ocurre con las destrezas: su significado final depende de la manera en que son reconocidas, valoradas y evaluadas dentro del aula.

Las investigaciones recientes sobre argumentación científica muestran que la calidad del razonamiento mejora cuando la evaluación incorpora explícitamente el análisis de evidencias, la consistencia lógica y la justificación de conclusiones. Estas prácticas fortalecen la comprensión conceptual y contribuyen al desarrollo del pensamiento crítico, considerado uno de los componentes fundamentales de la alfabetización científica contemporánea. En este contexto, la evaluación formativa se convierte en un espacio privilegiado para el ejercicio del juicio, la reflexión y la revisión de ideas.

La implementación de la evaluación formativa requiere equilibrio y sensibilidad pedagógica. El seguimiento continuo de los procesos de aprendizaje no debe transformarse en una vigilancia permanente que limite la exploración intelectual. Los estudiantes necesitan espacios donde puedan formular hipótesis, ensayar explicaciones y asumir riesgos cognitivos sin experimentar una presión constante derivada de la evaluación cuantitativa. La confianza intelectual resulta una condición indispensable para el desarrollo de una identidad científica sólida.

Regular el aprendizaje implica establecer procesos de diálogo. La evaluación formativa no puede reducirse a una corrección unilateral realizada por el docente. Se trata de una interacción orientada a favorecer la comprensión. Cuando los estudiantes comprenden los criterios que sustentan las explicaciones científicas, adquieren mayores posibilidades para analizar críticamente sus propias ideas y valorar la calidad de sus razonamientos. Esta dimensión metacognitiva destaca como uno de los aportes más relevantes de la evaluación formativa al aprendizaje científico.

Las tensiones se vuelven especialmente evidentes cuando esta concepción de la evaluación se enfrenta a estructuras institucionales rígidas. Currículos extensos, tiempos limitados y presiones asociadas al cumplimiento de estándares

dificultan con frecuencia su implementación coherente. Sin embargo, estas dificultades no disminuyen la necesidad de mantener consistencia entre los fundamentos epistemológicos y las prácticas evaluativas. Cuando la evaluación permanece inalterada, los procesos de reforma curricular quedan inevitablemente incompletos.

La evaluación formativa en ciencias naturales prescinde de ser un simple complemento metodológico; en realidad, se rige como una expresión concreta de una determinada manera de comprender el conocimiento y el aprendizaje. Su función consiste en regular procesos, hacer visibles formas de razonamiento y vincular las competencias con experiencias auténticas de aprendizaje. Cuando esta se articula de manera coherente con la epistemología, el currículo y la pedagogía, fortalece una educación científica integral. En cambio, si se adopta únicamente como discurso, pierde gran parte de su capacidad transformadora.

Esta reflexión, en vez de ofrecer soluciones definitivas, busca promover un análisis crítico de las lógicas que orientan la evaluación del aprendizaje científico. La coherencia entre los fundamentos teóricos y las prácticas evaluativas constituye una condición indispensable para que el enfoque por competencias y la operacionalización curricular encuentren una expresión auténtica dentro del aula.

El currículo ecuatoriano como referente comparativo en el contexto de los marcos internacionales

Analizar el currículo ecuatoriano para las asignaturas de ciencias naturales exige ir más allá de la descripción de sus componentes formales. Todo currículo surge en respuesta a determinadas condiciones históricas, sociales y educativas, pero también se encuentra influenciado por debates internacionales sobre la formación científica de las nuevas generaciones. Por ello, resulta necesario examinar tanto su estructura como la manera en que dialoga con las concepciones contemporáneas sobre conocimiento científico, competencias y evaluación,desarrolladas en los apartados anteriores.

El currículo vigente para el área de ciencias naturales en Ecuador incorpora explícitamente un enfoque por competencias y organiza los aprendizajes mediante destrezas con criterio de desempeño que articulan conocimientos, habilidades y actitudes. Esta formulación mantiene una clara relación con las tendencias internacionales orientadas a promover la alfabetización científica a través de la explicación de fenómenos, la interpretación de datos y la toma de decisiones fundamentadas en evidencias. A nivel del discurso curricular, existe una importante

convergencia con los principales referentes internacionales en educación científica.

No obstante, la existencia de coincidencias conceptuales no garantiza automáticamente una implementación coherente. Tal como se ha señalado en capítulos anteriores, la cultura evaluativa y las tradiciones pedagógicas suelen continuar operando bajo lógicas transmisivas. Aunque el currículo adopte el lenguaje de las competencias, el desafío principal radica en su materialización dentro de las prácticas cotidianas. Un documento puede promover la modelización, la argumentación y la indagación, pero si las experiencias de aprendizaje no generan oportunidades reales para desarrollarlas, la convergencia permanece en el plano discursivo.

Desde una perspectiva epistemológica, resulta especialmente relevante analizar cómo el currículo aborda la naturaleza del conocimiento científico. Los marcos internacionales contemporáneos enfatizan que la ciencia se concibe como una actividad dinámica, provisional y contextualizada. El currículo ecuatoriano incorpora referencias a la indagación y al pensamiento crítico; sin embargo, el verdadero reto consiste en traducir estos principios en secuencias didácticas coherentes que permitan a los estudiantes experimentar la construcción del conocimiento, en lugar de solamente recibir sus resultados finales.

La comparación con marcos internacionales permite identificar fortalezas y desafíos. En términos de competencias, el currículo ecuatoriano se alinea con la tendencia global que busca integrar conocimientos y habilidades mediante desempeños observables. Sin embargo, su operacionalización a través de destrezas también puede favorecer procesos de fragmentación si estas no se articulan dentro de estructuras conceptuales más amplias. La alineación formal con modelos internacionales no garantiza, por sí sola, una integración profunda de los aprendizajes.

La evaluación conforma otro aspecto crítico dentro de este análisis comparativo. Los referentes internacionales enfatizan la importancia de valorar razonamientos, interpretaciones y procesos argumentativos como componentes esenciales del aprendizaje científico. Aunque el currículo ecuatoriano reconoce la necesidad de desarrollar evaluaciones coherentes con el enfoque por competencias, en muchos contextos escolares continúan predominando instrumentos centrados en la reproducción de información. Esta discrepancia evidencia la persistencia de una brecha entre las intenciones curriculares y las prácticas evaluativas.

Ningún currículo se implementa en condiciones ideales. Su desarrollo depende de factores como la formación docente, la disponibilidad de recursos y la cultura institucional. El currículo ecuatoriano proporciona orientaciones y criterios generales, pero la transformación educativa ocurre finalmente en el aula. Las interpretaciones que realizan los docentes desempeñan un papel determinante en este proceso. Es allí donde las competencias pueden convertirse en experiencias significativas de aprendizaje o reducirse a simples exigencias administrativas.

En el ámbito internacional, las tensiones entre el discurso de las competencias y las prácticas tradicionales no configuran una realidad exclusiva de Ecuador, ya que los procesos de transición hacia modelos más dialógicos, reflexivos y formativos enfrentan resistencias similares en numerosos sistemas educativos. Estas dificultades forman parte de desafíos estructurales propios de las transformaciones educativas contemporáneas.

En este sentido, el currículo ecuatoriano debe entenderse, ante todo, como un punto de partida y no como una meta alcanzada. Su alineación con marcos internacionales abre oportunidades para fortalecer prácticas centradas en la modelización, la indagación y la argumentación científica. No obstante, aprovechar dichas oportunidades requiere coherencia entre la epistemología, el diseño curricular y la evaluación formativa. Sin esta articulación, el potencial transformador del currículo permanece limitado.

Desde la perspectiva epistemológica desarrollada anteriormente, el currículo debería favorecer experiencias que impulsen la reconstrucción conceptual progresiva. A su vez, frente a la crítica a las prácticas tradicionales, ha de evitarse la producción de procesos de fragmentación y culturas evaluativas reduccionistas. Finalmente, bajo el enfoque por competencias, le corresponde articular las competencias y las destrezas sin convertir el aprendizaje en una suma de desempeños aislados. El diálogo con los marcos internacionales ofrece una perspectiva valiosa para analizar estas condiciones y valorar críticamente sus posibilidades de desarrollo.

Este análisis comparativo no pretende emitir juicios simplistas sobre la calidad del currículo ecuatoriano; más bien, busca abrir espacios para la reflexión crítica. Un currículo no funciona como una estructura estática e inmutable; es una construcción susceptible de reinterpretación y mejora permanente. Su valor educativo depende de la coherencia que logre establecer entre una concepción dinámica del conocimiento científico y prácticas pedagógicas y evaluativas que comprendan el aprendizaje como un proceso continuo de construcción. El diálogo

internacional amplía la perspectiva y sitúa la experiencia nacional dentro de una conversación más amplia sobre los desafíos y propósitos de la educación científica en el siglo XXI.

Lineamientos ministeriales actuales y práctica escolar: grietas, conciliaciones y posibilidades reales

Los lineamientos actuales para la enseñanza de las ciencias naturales promueven el desarrollo de competencias, el pensamiento crítico, la indagación y la evaluación formativa. En el plano discursivo, estos principios mantienen una estrecha correspondencia con los marcos internacionales que orientan la educación científica contemporánea. Asimismo, son coherentes con perspectivas epistemológicas que conciben la ciencia como un proceso dinámico de construcción de conocimientos y elaboración de modelos explicativos. Sin embargo, la coherencia presente en los documentos curriculares no garantiza automáticamente una coherencia equivalente en la práctica educativa cotidiana.

La realidad del aula está condicionada por múltiples factores que influyen en la forma en que los lineamientos curriculares son interpretados y aplicados. La formación inicial del profesorado, la cultura institucional, la disponibilidad de recursos, las exigencias administrativas y la presión por alcanzar resultados medibles configuran escenarios diversos de implementación. Mientras algunos docentes entienden los lineamientos como oportunidades para innovar y transformar sus prácticas, otros los perciben, principalmente, como requerimientos administrativos que deben cumplirse. La distancia entre la política educativa y la práctica escolar refleja, en gran medida, la complejidad inherente a los sistemas educativos.

Las tensiones analizadas previamente entre tradición e innovación reaparecen en este contexto. Las culturas de evaluación centradas en la cobertura curricular y en la obtención de resultados estandarizados suelen debilitar los principios relacionados con la indagación, la argumentación y el pensamiento crítico. Con frecuencia, los sistemas educativos incorporan el lenguaje de la innovación sin modificar las estructuras profundas que organizan la enseñanza y la evaluación. Las investigaciones sobre implementación curricular en distintos países muestran que este fenómeno constituye un desafío recurrente en los procesos de transformación educativa.

Desde la perspectiva del cambio conceptual, esta brecha tiene consecuencias directas sobre el aprendizaje de los estudiantes. Aunque el currículo enfatice la reconstrucción progresiva de modelos explicativos, las experiencias de

aula continúan privilegiando la repetición de contenidosy, en consecuencia,la coherencia epistemológica comienza a debilitarse. Ante esta situación, las políticas educativas pueden orientar y ofrecer marcos de referencia, pero no sustituyen la mediación pedagógica que ocurre en la interacción cotidiana entre docentes y estudiantes. Es en ese espacio donde se producen las verdaderas transformaciones educativas.

Los docentes no son simples ejecutores de disposiciones curriculares. Su papel implica interpretar, contextualizar y resignificar los principios oficiales. La formación profesional, la experiencia acumulada y las creencias sobre la enseñanza influyen decisivamente en la manera en que los lineamientos se traducen en acciones concretas. Cuando existe una comprensión sólida de la epistemología de las ciencias y del sentido educativo de las competencias, los lineamientos pueden convertirse en oportunidades para impulsar cambios significativos. Por el contrario, una comprensión limitada favorece interpretaciones superficiales centradas únicamente en el cumplimiento formal de las disposiciones establecidas.

La evaluación destaca como uno de los ámbitos en los que esta distancia entre discurso y práctica se manifiesta con mayor claridad. Aunque los lineamientos promueven procesos de retroalimentación orientados al aprendizaje, la necesidad institucional de asignar calificaciones suele desplazar la atención hacia la medición sumativa. Modificar esta lógica requiere coherencia organizacional, acompañamiento profesional y condiciones que favorezcan la reflexión pedagógica. El desafío no se resuelve sólo mediante la actualización de documentos curriculares, ya que demanda la transformación de prácticas profundamente arraigadas.

La operacionalización de las destrezas también depende de las interpretaciones que realizan los docentes. Un lineamiento puede proponer desempeños complejos que integren conocimientos, habilidades y pensamiento crítico. Sin embargo, cuando estas propuestas se traducen en actividades fragmentadas o en evaluaciones centradas en la repetición mecánica, su propósito original se debilita considerablemente. En definitiva, la brecha no deriva del texto curricular; surge en los procesos de mediación que ocurren durante su implementación.

El diálogo entre los lineamientos nacionales y los marcos internacionales ofrece oportunidades valiosas para enriquecer la educación científica. Este intercambio permite situar las experiencias educativas locales dentro de una discusión más amplia sobre la alfabetización científica, la ciudadanía y el desarrollo sostenible. No obstante, dicho diálogo sólo adquiere verdadero significado cuando

prácticas como la modelización, la argumentación y la indagación forman parte habitual de la experiencia escolar y no se limitan a actividades ocasionales o excepcionales.

La transformación educativa no puede depender exclusivamente de las reformas curriculares. Requiere procesos continuos de desarrollo profesional, espacios de reflexión colectiva y tiempo suficiente para que nuevas formas de enseñanza y evaluación puedan consolidarse. Las expectativas de cambio inmediato suelen generar frustración cuando no se consideran las condiciones estructurales que influyen en la práctica docente. Por eso, los procesos de innovación demandan continuidad, acompañamiento y compromiso institucional.

Reconocer esta complejidad no implica aceptar la situación como inevitable. Los lineamientos ministeriales pueden figurar como referentes valiosos para fortalecer la coherencia entre los fundamentos epistemológicos y las prácticas pedagógicas. Cuando son abordados críticamente y comprendidos desde una visión profunda del conocimiento científico, tienen el potencial de orientar procesos genuinos de innovación educativa. El desafío , entonces, consiste en evitar tanto la aceptación acrítica como el rechazo automático de las orientaciones curriculares.

La distancia existente entre los lineamientos educativos y la práctica escolar no debe interpretarse como un fracaso inevitable del sistema; opera, en realidad, como un espacio de mediación donde se construye y redefine continuamente el sentido de la educación científica. La articulación entre la epistemología, el currículo y la evaluación sigue siendo el horizonte fundamental de toda propuesta educativa orientada a la formación científica. Es en esa coherencia en la cual las políticas educativas pueden transformarse en experiencias auténticas de aprendizaje o, por el contrario, permanecer como declaraciones formales con escasa incidencia sobre la realidad del aula.

Capítulo 4

Metodologías activas para la transformación del aula

Aprendizaje basado en indagación: reconstruir la práctica científica en la escuela

El aprendizaje basado en la indagación (ABI) trasciende la categoría de estrategia metodológica para consolidarse como una propuesta educativa profundamente vinculada con la naturaleza misma del conocimiento científico. Su propósito fundamental consiste en recuperar, dentro del contexto escolar, la lógica de cuestionamiento, exploración y construcción de modelos que caracteriza a la práctica científica auténtica. Desde esta perspectiva, enseñar ciencias implica dejar atrás la transmisión de respuestas consolidadas para enfocarse en crear condiciones que permitan a los estudiantes participar activamente en la elaboración de explicaciones sobre los fenómenos que observan.

La ciencia no avanza mediante la acumulación pasiva de información. Su desarrollo se sustenta en la formulación sistemática de problemas, en la construcción de preguntas significativas y en la elaboración progresiva de modelos explicativos. Las respuestas surgen después de procesos de observación, análisis, contraste y revisión. Cuando la enseñanza se limita a la exposición lineal de contenidos, esta dinámica desaparece y la ciencia se presenta como un conjunto de conocimientos acabados. El aprendizaje basado en la indagación busca restituir el papel activo de los estudiantes como participantes en la construcción del conocimiento, al reconocerlos como sujetos que desarrollan progresivamente formas de pensamiento científico.

De forma general, la participación en procesos de indagación favorece una comprensión conceptual más profunda cuando se encuentra acompañada por espacios de reflexión explícita sobre las evidencias y los modelos utilizados para interpretarlas. Su eficacia no depende exclusivamente de formular preguntas abiertas o de la ejecución de actividades experimentales; su verdadero potencial se sustenta en la calidad de la mediación pedagógica y en la coherencia de los procesos de evaluación. Cuando esta carece de acompañamiento formativo, corre el riesgo de convertirse en una actividad exploratoria sin suficiente profundidad conceptual.

Desde la perspectiva del cambio conceptual, la indagación adquiere una relevancia especial. Las situaciones problemáticas permiten que los estudiantes confronten sus ideas iniciales con datos, observaciones y evidencias provenientes de la experiencia. Este contraste genera conflictos cognitivos que favorecen la reorganización de los marcos explicativos previos. Sin embargo, esta transformación no ocurre de manera automática. Los estudiantes requieren

orientación para diferenciar la observación empírica de la explicación conceptual y para comprender que los datos adquieren significado únicamente cuando se interpretan dentro de modelos explicativos coherentes. Una indagación que no promueve la reflexión sobre los modelos permanece en un nivel descriptivo y limita su potencial formativo.

Implementar procesos de indagación exige tiempo, apertura a la incertidumbre y disposición para trabajar con resultados no previstos. Estas condiciones suelen entrar en tensión con estructuras educativas orientadas a la cobertura acelerada de contenidos y a la obtención de resultados estandarizados. Por esta razón, la incorporación de la indagación representa una transformación cultural que afecta la organización del aula, las expectativas de aprendizaje y la concepción misma del conocimiento científico.

Humanizar la indagación implica reconocer que la incertidumbre no resulta cómoda para todos los estudiantes. Tras años de escolarización centrada en la búsqueda de respuestas correctas, muchos desarrollan expectativas de certeza y previsibilidad. Transitar hacia modelos de aprendizaje basados en este enfoque requiere fortalecer la confianza intelectual y generar ambientes donde el error sea comprendido como una parte natural y necesaria del proceso de construcción del conocimiento. Desde esta perspectiva, equivocarse deja de proyectarse como un fracaso y se convierte en una oportunidad para aprender, revisar ideas y construir nuevas explicaciones.

La indagación mantiene una estrecha relación con los propósitos de la alfabetización científica contemporánea. En sociedades caracterizadas por una enorme disponibilidad de información y por la presencia constante de datos cuya confiabilidad debe ser evaluada, la capacidad para formular preguntas pertinentes y analizar evidencias se vuelve indispensable.

Sin embargo, al adaptarse solamente como discurso, la indagación corre el riesgo de convertirse en un concepto vacío. En algunos contextos educativos se utilizan términos asociados a la innovación metodológica sin modificar las estructuras profundas de la práctica docente: se formulan preguntas, pero sólo se acepta una respuesta correcta; se realizan experimentos, pero las oportunidades para interpretar resultados de manera autónoma son limitadas. La indagación auténtica exige una apertura real hacia la construcción progresiva del conocimiento y hacia la posibilidad de explorar diversas explicaciones sustentadas en evidencias.

La relación entre la indagación y las tensiones analizadas anteriormente resulta evidente. Las culturas evaluativas centradas sólo en resultados

predeterminados restringen el desarrollo del pensamiento científico. Cuando los procesos de indagación no se acompañan de evaluaciones formativas que valoren el razonamiento, la argumentación y la reflexión, gran parte de su potencial transformador se pierde. Es pertinente que la metodología y la evaluación puedan regirse como un sistema coherente orientado a favorecer la construcción del conocimiento.

La conexión con el enfoque por competencias también resulta fundamental. La indagación proporciona un contexto natural para la movilización integrada de conocimientos, habilidades y actitudes. Las destrezas con criterio de desempeño adquieren sentido cuando se desarrollan a través de situaciones problemáticas que requieren observación, análisis, interpretación y argumentación. En este sentido, la metodología se convierte en el medio mediante el cual el currículo cobra vida y se transforma en una experiencia educativa significativa.

Desde una perspectiva epistemológica, la indagación acerca las experiencias escolares a la lógica de construcción de modelos característicos de la ciencia. Los estudiantes dejan de ser receptores pasivos de explicaciones para convertirse en participantes de procesos de elaboración, evaluación y revisión de modelos explicativos. Este involucramiento favorece una comprensión más profunda del carácter dinámico, provisional y revisable del conocimiento científico, por lo cual ciencia es comprendida como una actividad humana en permanente construcción.

No obstante, la indagación no constituye una solución automática a los desafíos de la enseñanza de las ciencias. Su incorporación exige una sólida formación docente, claridad conceptual y capacidad para acompañar procesos complejos sin imponer respuestas predeterminadas. Requiere encontrar un equilibrio entre la exploración autónoma de los estudiantes y la estructura necesaria para orientar el aprendizaje. Cuando este equilibrio no se alcanza, la indagación puede reducirse a actividades desconectadas o a prácticas superficiales sin impacto significativo en la comprensión científica.

El aprendizaje basado en la indagación no debe entenderse como una técnica aislada dentro del repertorio metodológico docente; constituye la consecuencia educativa de una concepción epistemológica que entiende la ciencia como un proceso dinámico de construcción de conocimiento. Su implementación coherente exige la revisión simultánea de la cultura de evaluación, la organización curricular y el papel del docente en el aula. Sólo bajo estas condiciones,la indagación puede contribuir de manera significativa a la transformación de la enseñanza de las ciencias naturales y al desarrollo de una educación científica verdaderamente formativa.

Aprendizaje basado en proyectos: integrar comprensión, sentido y acción en ciencias naturales

El aprendizaje basado en proyectos (ABP) coloca al estudiante frente a un problema complejo, que requiere la articulación de conocimientos, decisiones y acciones. Esta metodología va más allá de la simple elaboración de un proyecto; consiste en reorganizar la experiencia escolar en torno a desafíos que movilicen el conocimiento científico en contextos significativos. Lejos de ser una estrategia aislada, el ABP desafía la fragmentación curricular y la lógica evaluativa tradicional.

Los proyectos recuperan el carácter sistémico del conocimiento científico. La ciencia no opera en compartimentos aislados; integra conceptos, modelos y procedimientos para abordar problemas reales. Un aula organizada en unidades temáticas independientes hace que el estudiante pierda de vista las interrelaciones conceptuales. Un proyecto bien diseñado fuerza a establecer conexiones entre contenidos que, de otro modo, permanecerían dispersos.

El impacto del ABP depende menos de la estructura formal del proyecto y más de la profundidad conceptual que lo sustenta (Margolin et al., 2022; Strat et al., 2024). Un proyecto limitado a producir un objeto final sin un análisis riguroso de los procesos científicos es superficial. La tensión es epistemológica, no se centra en ser meramente metodológica.

No obstante, existe un riesgo frecuente: priorizar el producto sobre el proceso. Es decir, una evaluación centrada en la presentación final, en lugar de en la trayectoria conceptual, reproduce la lógica criticada en capítulos anteriores, de manera que el proyecto se convierte en un escaparate estético más que en un aprendizaje profundo. Black y Wiliam (2018) insisten en que la regulación formativa es indispensable para que las metodologías activas generen una comprensión significativa.

El ABP posee un potencial motivacional y exigencias cognitivas. Sin embargo, no todos los estudiantes se sienten cómodos con tareas abiertas que requieren planificación, toma de decisiones y responsabilidad compartida. El docente media el proceso y proporciona una estructura,sin eliminar la autonomía, la cual se construye progresivamente.

Esta metodología plantea interrogantes sobre la organización curricular, puesto que una estructura basada en asignaturas dificulta la integración interdisciplinaria, pero dentro de marcos disciplinares definidos, es posible diseñar proyectos que articulen conceptos. Cabe aclarar que este proyecto no reemplaza al

conocimiento disciplinar; lo activa en contextos problemáticos.

El ABP propicia escenarios invaluables para la alfabetización científica contemporánea. Los problemas relacionados con la sostenibilidad, la salud pública o la tecnología ubican al aprendizaje dentro de debates sociales reales (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura Unesco 2017; OCDE, 2019). Esta contextualización, bajo ninguna circunstancia exime de mantener el rigor conceptual, puesto que la conexión con la realidad tiene valor formativo cuando se sustenta en un análisis riguroso y una argumentación fundamentada.

La coherencia con el enfoque basado en competencias es evidente. Una competencia científica implica movilizar conocimientos en situaciones diversas; el proyecto es un escenario privilegiado para esa movilización. La operacionalización en habilidades puede fragmentar la experiencia si no se articula adecuadamente. En otras palabras, el proyecto debe integrar, no atomizar.

En este contexto, la evaluación se convierte, una vez más, en un punto crítico. La evaluación de un proyecto trasciende la sola calificación del resultado final y, en su lugar, prioriza el análisis de la calidad del razonamiento, la relevancia de la evidencia y la coherencia de las conclusiones. Además, la evaluación formativa acompaña el proceso y ajusta las estrategias. Sin regulación, el potencial transformador del ABP se debilita.

El ABP requiere tiempo y flexibilidad curricular. En contextos con una progresión programática rígida, se percibe como una amenaza para la cobertura de contenidos. La profundidad conceptual lograda a través de una integración significativa compensa la reducción en la cantidad de temas. Por ende, la interrogante no se centra en saber cómo se comprende.

Más que limitarse a una solución automática, el ABP es capaz de convertirse en una simulación metodológica si se reduce a un formato organizativo sin una transformación epistemológica. Asimismo, está fundamentado en una comprensión profunda del conocimiento científico y articulado con una evaluación formativa coherente, lo que permite la integración del sentido, la acción y la reflexión crítica. Por consiguiente, el aula deja de ser una recepción fragmentada y se convierte en una construcción articulada del conocimiento.

Resolución de problemas científicos

Hablar de resolución de problemas en ciencias naturales parece obvio. Sin embargo, no todos los problemas en el aula son auténticos. Durante décadas, la resolución de problemas estuvo asociada a ejercicios estructurados, con datos explícitos y procedimientos previamente enseñados. El estudiante aprende a reconocer el tipo de pregunta y a aplicar una secuencia conocida; no necesita comprender el fenómeno.

Un problema científico no es una situación con una respuesta predeterminada; es una indagación que requiere construir un modelo explicativo, analizar evidencias y revisar hipótesis. Resolver un problema implica observación, conceptualización y argumentación. Los problemas cerrados pierden la dimensión de modelización del conocimiento científico.

Investigaciones recientes demuestran que el aprendizaje mejora con problemas abiertos que requieren interpretar información, formular hipótesis y justificar decisiones (Chiu y Lin, 2019; Margolin et al., 2022). La efectividad depende de la mediación del docente: un problema demasiado ambiguo genera confusión; uno excesivamente estructurado reduce el aprendizaje a una aplicación mecánica. La tensión radica en el equilibrio entre el desafío cognitivo y la guía conceptual.

La cultura evaluativa tradicional favorece los problemas con soluciones rápidas y verificables. Esto responde a la eficiencia administrativa, pero limita el pensamiento científico profundo. El éxito medido por la velocidad y la precisión formal hace que los estudiantes prioricen el procedimiento sobre la comprensión;por ende, la resolución de problemas auténtica requiere tiempo para explorar, contrastar y analizar inconsistencias.

La resolución de problemas conecta igualmente con el enfoque basado en competencias. Una competencia científica moviliza conocimientos en situaciones diversas y los transfiere a nuevos contextos. El problema es el escenario donde esa movilización se hace visible. Un problema diseñado como una simple aplicación de fórmulas reduce la competencia a una habilidad técnica aislada.

Enfrentar situaciones abiertas genera inseguridad, pues el hábito escolar de recibir instrucciones claras dificulta la transición. En este escenario, la labor docente adopta un carácter mediador que guía sin imponer y cuestiona sin desacreditar. La confianza intelectual se construye cuando el error pasa a formar parte del proceso exploratorio.

La argumentación es central. Resolver un problema científico exige superar la obtención de un resultado coherente para centrarse en su justificación mediante evidencias válidas. Para Zaccarelli et al. (2024), la calidad del razonamiento mejora mediante la discusión explícita de criterios y supuestos. La resolución de problemas puede desarrollar esta competencia si la evaluación valora la consistencia del razonamiento y no sólo la respuesta final.

Desde la perspectiva del cambio conceptual, los problemas bien diseñados generan un conflicto cognitivo productivo (Vosniadou, 2019). El estudiante se enfrenta a situaciones que desafían sus explicaciones iniciales y que le llevan a reorganizar sus esquemas conceptuales. Este proceso requiere un acompañamiento formativo para analizar las discrepancias y reconstruir los modelos. Sin mediación, el problema se resuelve de manera superficial, sin transformación conceptual.

Asimismo, existe una dimensión ética en la selección de los problemas. Los temas ambientales, de salud o tecnológicos conectan el aprendizaje científico con debates sociales relevantes (OCDE, 2019; Unesco 2017). La contextualización debe sustentarse en el rigor conceptual. La relevancia social no reemplaza la profundidad científica, más bien, la complementa.

La resolución de problemas exige reconsiderar la organización temporal del aula. El análisis, la modelización y la argumentación necesitan espacios para la reflexión. Un tiempo fragmentado en sesiones cortas y contenidos extensos dificulta los procesos profundos. Esta tensión contextualiza la propuesta dentro de las condiciones reales del sistema educativo.

La resolución de problemas científicos puede convertirse en un eje transformador de la enseñanza si se concibe como un espacio de modelización y construcción argumentativa. Por el contrario, puede reducirse a un ejercicio

mecánico si se mantiene una lógica transmisiva y una evaluación tradicional. La diferencia radica en la concepción epistemológica que lo sustenta y en la coherencia entre el diseño, la mediación y la evaluación.

Sin embargo, para la transformación del aula, es preciso redefinir la naturaleza de los problemas más que centrarse en su multiplicación. El problema que invita a pensar, a contrastar evidencias y a revisar explicaciones se acerca más a la lógica de la práctica científica. Es allí donde la resolución de problemas deja de ser una aplicación técnica y se convierte en una experiencia formativa que integra conocimiento, reflexión y sentido.

Gamificación y recursos digitales: entre la motivación aparente y la transformación cognitiva

En la última década, la incorporación de recursos digitales y dinámicas de gamificación en la enseñanza de las ciencias naturales se ha vuelto muy visible. Las plataformas interactivas, los simuladores virtuales y los sistemas de puntos o recompensas prometen dinamizar el aula e incrementar la motivación. La pregunta subyacente, por encima del innegable atractivo visual de estas herramientas, se centra en evaluar si contribuyen a la modelización y a la construcción argumentativa del conocimiento científico.

El conocimiento científico no se reduce a interactuar rápidamente con información fragmentada; implica un análisis profundo, el contraste de evidencias y la revisión conceptual. La tecnología utilizada para acelerar respuestas o simplificar procesos cognitivos complejos debilita la profundidad formativa. La tecnología carece de un efecto transformador intrínseco sobre el aprendizaje; el verdadero catalizador del cambio recae en la estructura pedagógica en la que se integra.

La investigación sobre tecnología educativa muestra resultados diversos. Por ejemplo, de acuerdo con la OCDE (2019) y Strat et al. (2024), se demuestran mejoras en la comprensión cuando los recursos digitales permiten la visualización de fenómenos abstractos y la manipulación de variables en simulaciones controladas. En contraste, se advierte que el uso superficial de estas herramientas incrementa la participación sin fortalecer la comprensión conceptual. El éxito de estos recursos depende de su integración didáctica, por encima de la herramienta en sí.

La gamificación incorpora elementos del juego en contextos educativos. El componente lúdico puede fomentar el compromiso emocional y la persistencia. Sin embargo, cuando la lógica de puntos y recompensas reemplaza el interés por

comprender, la motivación se desplaza hacia los resultados externos. Como se ha analizado anteriormente, esta dinámica refuerza una cultura evaluativa centrada en el desempeño cuantificable, incluso si se presenta de una forma más atractiva.

Los estudiantes se desenvuelven dentro de entornos digitales. Ignorar esa realidad desconecta a la escuela de su contexto sociocultural. Sin embargo, integrar la tecnología no significa reproducir dinámicas de consumo rápido de información. La educación en ciencias debe proponer experiencias que vayan más allá de la inmediatez y promuevan la reflexión sostenida.

La coherencia con el enfoque basado en competencias es esencial. Una competencia científica implica interpretar datos, analizar fenómenos y argumentar con un razonamiento basado en evidencias. Los recursos digitales facilitan el acceso a bases de datos, simulaciones complejas y entornos colaborativos que amplían la indagación. No obstante, también pueden limitarse a ejercicios automatizados de respuesta rápida que reducen el pensamiento a una selección interactiva sin profundidad.

La modelización científica encuentra un aliado importante en la tecnología. Los simuladores que permiten variar parámetros y observar consecuencias favorecen la comprensión de sistemas complejos. Esta experiencia digital debe estar acompañada por una reflexión explícita sobre los supuestos del modelo. Sin este componente metacognitivo, el estudiante manipula variables sin comprender la estructura conceptual.

Existe también una dimensión ética. La brecha digital, el acceso desigual a los dispositivos y la formación docente condicionan la implementación real. Presentar la tecnología como una solución universal oculta estas diferencias estructurales. En tal sentido, la innovación pedagógica debe considerar las condiciones concretas de cada contexto.

La evaluación formativa también se ve interpelada por la digitalización. Las plataformas con retroalimentación inmediata apoyan la regulación del aprendizaje si los comentarios promueven la reflexión conceptual. Una retroalimentación limitada a las nociones de “correcto” o “incorrecto” reproduce la lógica binaria ya problematizada. Por ello, se entiende que la tecnología puede amplificar tanto las fortalezas como las limitaciones del sistema evaluativo.

La fascinación tecnológica distrae del núcleo epistemológico de la enseñanza de las ciencias. La cuestión recae en cómo contribuyen a que los estudiantes construyan explicaciones más sólidas y argumenten con mayor rigor,

en lugar de sólo centrarse en el número de aplicaciones que se incorporen. Sin esa orientación, la innovación digital se convierte en una actualización superficial del modelo tradicional.

La gamificación integrada de manera crítica diseña escenarios problemáticos donde el progreso depende de la calidad del razonamiento y no sólo de la acumulación de puntos. El juego se transforma así en una estructura narrativa que sustenta procesos cognitivos complejos, en lugar de ser un mero mecanismo de recompensa extrínseca.

La tecnología y la gamificación no son ni una amenaza ni una solución automática: son medios. Su potencial formativo depende de la coherencia que establezca respecto de una concepción epistemológica clara. Articuladas con la modelización, la indagación y la evaluación formativa, estas amplían los horizontes del aprendizaje. Incorporadas como decoración metodológica, refuerzan la fragmentación y la superficialidad.

La transformación del aula no emana de la presencia de pantallas. Obedece a la calidad de las preguntas y la profundidad de los modelos construidos. La tecnología facilita ese proceso, pero no lo reemplaza. El desafío pedagógico consiste en mantener la centralidad del pensamiento científico en medio de la innovación digital.

El entorno como laboratorio de aprendizaje: construcción de conocimiento, experiencia y reconstrucción científica

Existe una paradoja: la ciencia interpreta el mundo natural a través de la observación sistemática y la construcción de modelos explicativos. Sin embargo, muchas aulas de ciencias naturales están desconectadas del entorno inmediato de los estudiantes. La educación ha encerrado al conocimiento dentro de una burbuja: el laboratorio escolar sustituye al entorno real, el libro de texto reemplaza al fenómeno y el ejercicio suplanta a la experiencia. Recuperar el entorno como laboratorio supone una restauración epistemológica que supera una mera expansión metodológica.

El conocimiento científico se construye mediante la modelización de fenómenos observables. Estos fenómenos no se confinan a textos o imágenes; forman parte del territorio cotidiano. Los ecosistemas locales, las dinámicas climáticas, los sistemas agrícolas, la transformación de los alimentos, la calidad del agua o la biodiversidad urbana son escenarios donde la ciencia adquiere un

sentido concreto. Un aula que integra estos contextos conecta el aprendizaje con la experiencia directa.

Actualmente, las reflexiones de organismos internacionales destacan el valor del aprendizaje situado y contextualizado, especialmente en temas ambientales y de sostenibilidad (OCDE, 2019; Unesco, 2017). Contextualizar dista de simplificar o convertir a la ciencia en una narrativa anecdótica. Exige analizar la experiencia local de manera rigurosa, interpretar datos ambientales y contrastarlos con modelos teóricos más amplios.

Surge, entonces, una tensión, puesto que la incorporación del entorno puede reducirse a una actividad ocasional (salidas de campo, visitas o proyectos aislados) sin una verdadera transformación curricular. El contacto con el territorio, cuando no se integra en secuencias sistemáticas de indagación y modelización, diluye su impacto formativo. El entorno no debe ser un adorno pedagógico; debe consolidarse como un espacio para la construcción conceptual.

La conexión con los debates sobre el rol de la evaluación es evidente. La cultura evaluativa tradicional limita el potencial del entorno como laboratorio cuando privilegia los resultados escritos por sobre los procesos de investigación. Analizar la calidad del agua o la biodiversidad local requiere tiempo para observar, registrar, comparar y argumentar. Una evaluación centrada en respuestas breves y cerradas invisibiliza la riqueza del trabajo contextualizado.

Desde el enfoque basado en competencias, el entorno es un escenario privilegiado para movilizar conocimientos en situaciones reales. Interpretar datos ambientales, diseñar propuestas de mejora o evaluar el impacto humano implica integrar conceptos científicos con el juicio crítico. Esta movilización requiere un acompañamiento formativo para articular la experiencia empírica con modelos explicativos consistentes.

El territorio carece de un espacio neutro; está atravesado por significados culturales, económicos y sociales; por ejemplo, el estudio de los procesos agrícolas involucra analizar los ciclos biológicos y comprender las prácticas productivas junto con sus implicaciones ambientales. Esta integración fortalece la alfabetización científica, entendida como la capacidad de participar en debates informados sobre problemáticas locales y globales.

La modelización científica encuentra en el entorno un campo favorable. La observación directa de los fenómenos naturales permite formular hipótesis, construir representaciones y revisar explicaciones basadas en evidencias tangibles;

este proceso requiere una guía rigurosa: observar equivale a comprender, y registrar datos no garantiza una interpretación adecuada. La mediación docente es indispensable para vincular la experiencia con la estructura conceptual.

En este contexto, la dimensión ética también adquiere relevancia.. Trabajar con el entorno implica una responsabilidad hacia la comunidad y hacia los ecosistemas que se estudian. La ciencia debe trascender el simple análisis descriptivo para promover la reflexión sobre el impacto humano y la sostenibilidad. Aproximarse al entorno como laboratorio contribuye a la formación de una ciudadanía informada y comprometida, en coherencia con la educación para el desarrollo sostenible (Unesco 2017).

Existe también una dimensión vinculada a la identidad científica. El estudiante que reconoce los fenómenos analizados como parte de su realidad cotidiana deja de percibir al conocimiento como algo abstracto y distante. La ciencia se convierte en una herramienta para comprender y transformar su propio contexto. Esta experiencia fortalece el sentido de pertenencia y la responsabilidad intelectual.

Integrar el entorno como laboratorio enfrenta obstáculos prácticos: limitaciones de tiempo, regulaciones institucionales y la necesidad de una planificación minuciosa. La transformación metodológica no ocurre simplemente por declarar la intención; requiere coherencia entre el currículo, la evaluación y la organización escolar. Sin esta articulación, la experiencia contextualizada se reduce a una actividad aislada sin continuidad formativa.

Capítulo

5

Neuroeducación y desarrollo del pensamiento científico

Plasticidad cerebral y aprendizaje significativo

La plasticidad cerebral es la capacidad del cerebro para reorganizar sus redes neuronales a través de la experiencia. Se posiciona como un fundamento biológico del aprendizaje a lo largo de toda la vida. Sin embargo, el reconocimiento de esta capacidad no transforma la enseñanza por sí solo; el desafío demanda comprender cómo los procesos educativos promueven reorganizaciones cognitivas profundas, que permiten a los estudiantes construir explicaciones científicas cada vez más complejas.

La neurociencia cognitiva muestra que el aprendizaje significativo ocurre cuando la nueva información se integra en las redes de conocimiento existentes, modificándolas y ampliándolas (Dehaene, 2020; Tokuhama, 2018). Este proceso, carente de automatismo y linealidad, activa representaciones previas, establece conexiones conceptuales y consolida nuevas estructuras cognitivas. La plasticidad cerebral brinda una oportunidad pedagógica; el cerebro deja de lado la acumulación de información para aprender mediante la reorganización de significados.

En concordancia con los fundamentos epistemológicos expuestos al inicio de la obra, cabe destacar que el conocimiento científico se construye mediante la modelización y la revisión conceptual. El aprendizaje no puede reducirse a la recepción pasiva de datos. La reorganización neuronal refleja, a nivel biológico, la reorganización conceptual que ocurre cuando un estudiante revisa sus explicaciones sobre un fenómeno natural. De esta manera, la plasticidad cerebral extiende un puente entre la epistemología y la psicología del aprendizaje.

Esta relación resulta relevante para la teoría del cambio conceptual, debido a que los estudiantes llegan al aula con interpretaciones intuitivas del mundo natural que no coinciden con las explicaciones científicas (Vosniadou, 2019). Superar estas concepciones significa reorganizar estructuras cognitivas profundas, más que simplemente reemplazarlas. Desde la perspectiva de la neuroeducación, esta reorganización es una reconfiguración de redes neuronales que se fortalecen a través de la experiencia y la reflexión.

La plasticidad cerebral no garantiza un aprendizaje automático. La reorganización neuronal requiere atención sostenida, participación activa y oportunidades para contrastar ideas. Una enseñanza limitada a la exposición repetitiva genera una activación cognitiva insuficiente. En este punto, la crítica estructural que se desarrolló anteriormente adquiere una dimensión adicional: un modelo pedagógico centrado en la transmisión desperdicia la capacidad adaptativa del cerebro.

El aprendizaje no puede transcurrir en un vacío emocional o social. La plasticidad cerebral está influenciada por la motivación, el interés y el sentido que los estudiantes le atribuyen a la experiencia. La neurociencia educativa demuestra que los procesos emocionales intervienen en la consolidación de la memoria y en la disposición para explorar nuevas ideas (Immordino y Damasio, 2007). En el aprendizaje científico, la curiosidad activa redes neuronales asociadas con la búsqueda de explicaciones.En este tipo de aprendizaje existe una emoción que cobra suma importancia; el interés cognitivo sostenido, que emerge cuando el estudiante percibe que un fenómeno desafía su comprensión y lo impulsa a investigar.

La plasticidad cerebral se activa con mayor intensidad cuando la experiencia de aprendizaje involucra un desafío intelectual, así como oportunidades para construir sentido. Desde el enfoque basado en competencias, la plasticidad cerebral refuerza la idea de que aprender ciencias implica movilizar conocimientos en contextos diversos. La transferencia conceptual está relacionada con la capacidad del cerebro para reorganizar sus redes neuronales frente a situaciones nuevas. Por consiguiente, un aprendizaje limitado a la memorización descontextualizada debilita esta transferencia, ya que la plasticidad neuronal requiere experiencias que permitan aplicar los conceptos en diferentes escenarios.

La evaluación formativa juega un rol clave. La retroalimentación orientada al proceso facilita la regulación cognitiva para consolidar los nuevos aprendizajes. Cuando un estudiante recibe información que le ayuda a comprender por qué una explicación es más consistente, se promueve la reorganización conceptual. Desde una perspectiva neuroeducativa, esta retroalimentación fortalece las conexiones neuronales asociadas al razonamiento científico.

Sin embargo, la difusión de la neuroeducación también trae consigo un riesgo: la simplificación excesiva. Los conceptos como la plasticidad cerebral se convierten, a veces, en eslóganes pedagógicos sin una comprensión rigurosa. Y aunque la neurociencia aporta marcos interpretativos para comprender mejor los procesos de aprendizaje, una verdadera responsabilidad pedagógica consiste en integrar estos aportes a partir de la reflexión didáctica y epistemológica.

En la enseñanza de las ciencias naturales, la plasticidad cerebral recuerda que el aprendizaje profundo requiere tiempo y experiencias significativas. Es un error pensar que las redes neuronales se consolidan mediante una exposición ocasional; por el contrario, se desarrollan a través de la práctica reflexiva y de oportunidades repetidas para aplicar el conocimiento. Esta comprensión desafía la

lógica educativa centrada en abarcar contenidos a gran velocidad; la profundidad conceptual requiere espacios para explorar, discutir y revisar ideas.

La articulación entre la neuroeducación y la didáctica de las ciencias no reduce el aprendizaje a procesos biológicos, más bien, enriquece la comprensión de cómo las experiencias educativas influyen en la construcción del pensamiento científico. Un aula que ofrece indagación, resolución de problemas y argumentación genera las condiciones favorables para que la plasticidad cerebral se traduzca en una reorganización conceptual significativa.

La plasticidad cerebral se consolida como un fundamento para comprender la importancia de las experiencias de aprendizaje que desafían, movilizan y reorganizan el pensamiento de los estudiantes. La enseñanza de las ciencias naturales encuentra en esta capacidad adaptativa una base que refuerza la necesidad de metodologías activas, evaluación formativa y la construcción progresiva de modelos explicativos. Cuando el aprendizaje se entiende como un proceso dinámico de reorganización conceptual, la plasticidad cerebral deja de ser un concepto abstracto y se convierte en un aliado del pensamiento científico.

Emoción, curiosidad y memoria científica

Los enfoques tradicionales subestimaron la relación entre la emoción y el aprendizaje. Concebían al conocimiento escolar como un proceso racional en el cual las emociones ocupaban un lugar marginal o incluso problemático. La neurociencia cognitiva demuestra que los procesos emocionales son decisivos en la consolidación de la memoria y en la disposición para aprender. En ciencias naturales, la curiosidad y el asombro ante los fenómenos naturales han sido fuerzas motoras detrás del desarrollo científico.

Los sistemas neurales vinculados a la memoria están conectados con estructuras cerebrales asociadas a la emoción y la motivación (Immordino y Damasio, 2007; Tokuhama, 2018). Una experiencia educativa que despierta un interés genuino o presenta un desafío cognitivo activa circuitos que favorecen la consolidación de la información. Por ende, es posible deducir que la emoción actúa como una condición que facilita o limita la construcción del conocimiento significativo.

La curiosidad ocupa un lugar central; es una disposición cognitiva que impulsa la búsqueda de explicaciones en situaciones de incertidumbre, lo cual constituye uno de los motores constantes de la ciencia. Una enseñanza que

despierta preguntas auténticas activa una dinámica cognitiva que favorece la exploración y la formulación de hipótesis. Así pues, se considera a la curiosidad como un compromiso intelectual con el conocimiento.

La ciencia se construye a través del cuestionamiento, el contraste y la modelización. La enseñanza debería brindar oportunidades para experimentar esa dinámica. Un aula organizada exclusivamente en torno a respuestas ya establecidas reduce el espacio para la curiosidad, en tanto el estudiante repite definiciones sin pasar por el proceso de indagación.

Históricamente, la enseñanza de las ciencias naturales se apoyó en una concepción implícita: aprender significaba comprender conceptos y recordar información. La dimensión emocional permanecía relegada. Sin embargo, hoy, la neurociencia educativa desafía esta separación, al considerar a la emoción, la curiosidad y la memoria como parte de un mismo sistema cognitivo que juega un rol decisivo en la construcción del conocimiento.

La emoción no es un entusiasmo pasajero o un recurso motivacional superficial. En el aprendizaje científico, la emoción relevante está ligada a la curiosidad intelectual y emerge cuando un fenómeno desafía las explicaciones previas del estudiante y despierta el deseo de comprenderlo. La pregunta adquiere entonces un valor cognitivo: deja de ser un ejercicio escolar y se convierte en un motor de indagación. Desde la perspectiva abordada en los capítulos iniciales, esta curiosidad es un impulso fundamental del pensamiento científico.

Los procesos emocionales influyen en la consolidación de los recuerdos. Una experiencia de aprendizaje que genera interés o sorpresa incrementa la probabilidad de que la información se integre en redes de memoria más estables (Dehaene, 2020). La simple exposición al contenido es insuficiente para un aprendizaje duradero, ya que la memoria científica se fortalece cuando el conocimiento se vincula a situaciones problemáticas que generan una implicación cognitiva.

Reconocer el papel de la emoción no significa reducir la enseñanza a estrategias de entretenimiento. Es imperativo marcar una diferencia entre provocar la curiosidad intelectual y ofrecer estímulos superficiales. La curiosidad científica se sustenta cuando el estudiante percibe que una pregunta le permite comprender algo nuevo; es decir, se basa en la calidad de la cuestión por encima de qué tan espectacular sea el recurso didáctico.

La curiosidad mantiene un vínculo estrecho con el cambio conceptual, puesto que, como se mencionó en párrafos anteriores, los estudiantes llegan con interpretaciones intuitivas que, si bien resultan coherentes dentro de su experiencia cotidiana, no siempre coinciden con los modelos científicos. La curiosidad emerge cuando el estudiante percibe una discrepancia entre lo que cree comprender y lo que observa, de modo que esta tensión cognitiva abre la posibilidad de reorganizar las explicaciones.

La cultura evaluativa tradicional influye en este proceso. Un aprendizaje orientado a la obtención de respuestas correctas provoca que el error sea percibido como un fracaso, lo cual debilita la curiosidad e induce al estudiante a evitar los riesgos cognitivos. La memoria científica se reduce a una memorización estratégica para aprobar las evaluaciones, sin transformar las estructuras conceptuales.

La evaluación formativa , por su parte, ofrece una alternativa coherente. De esta manera, la retroalimentación orientada al proceso permite a los estudiantes explorar hipótesis sin temor a una sanción inmediata, dinámica que mantiene activa la curiosidad y fomenta una relación reflexiva con el conocimiento.

La emoción está ligada a la percepción de sentido. Los estudiantes se involucran profundamente cuando reconocen la relevancia de lo que estudian. En ciencias naturales, esta importancia emerge cuando los conceptos se relacionan con fenómenos observables o con problemas sociales contemporáneos. La emoción desborda la categoría de un simple estímulo externo; es una respuesta a la comprensión de que el conocimiento científico hace posible interpretar la realidad.

Desde la perspectiva de la alfabetización científica, esta conexión es fundamental. La ciencia opera como una herramienta para comprender y actuar en el mundo. El estudiante que reconoce que sus preguntas encuentran explicaciones en el conocimiento científico transforma la curiosidad en un impulso sostenido para el aprendizaje, mientras que la memoria científica organiza redes conceptuales que hacen posible interpretar nuevos fenómenos.

La relación entre emoción y memoria plantea interrogantes sobre el ritmo del aprendizaje, puesto que la consolidación de conocimientos complejos requiere tiempo. Las experiencias intensas pero breves generan un interés momentáneo en lugar de una comprensión duradera. La enseñanza requiere un equilibrio entre experiencias estimulantes y espacios para la reflexión sostenida.

Cada estudiante experimenta la curiosidad de manera diferente. Algunos se sienten atraídos por la observación directa; otros se inclinan hacia la discusión de explicaciones. La tarea pedagógica, en vez de imponer una única forma de interés, genera condiciones en las que el cuestionamiento científico pueda surgir desde diversas experiencias. La diversidad de trayectorias cognitivas conforma una parte natural del aprendizaje.

La emoción, la curiosidad y la memoria interactúan como componentes que influyen en la construcción del conocimiento. Una enseñanza que despierta preguntas auténticas y acompaña la búsqueda de respuestas a través de la reflexión crítica consolida la memoria científica de manera profunda.

Experiencias multisensoriales

La enseñanza de las ciencias naturales estuvo ligada históricamente a la observación del mundo natural. Sin embargo, en muchos contextos escolares, esa observación se transformó en una experiencia mediada únicamente por el lenguaje escrito y las representaciones simbólicas. Los fenómenos centrales de la ciencia (el movimiento, la transformación, la interacción) terminan reducidos a definiciones, diagramas o explicaciones verbales. En este desplazamiento, se pierde la relación directa entre la experiencia sensorial y la construcción conceptual.

Al integrar múltiples sistemas sensoriales, el cerebro es capaz de procesar la información. Estos participan en la construcción de representaciones cognitivas complejas (Immordino y Damasio, 2007; Tokuhama, 2018) y su integraciónconstituye un fundamento para la comprensión conceptual, especialmente respecto de fenómenos que involucran procesos dinámicos o interacciones materiales.

El conocimiento científico trasciende únicamente del razonamiento abstracto y, en su lugar, se construye a través de la interacción entre la observación, la experimentación y la interpretación. La ciencia avanza mediante la modelización de los fenómenos del mundo natural. Estas representaciones emergen de experiencias que permiten identificar regularidades, contrastar hipótesis y construir progresivamente explicaciones cada vez más elaboradas.

Las experiencias multisensoriales permiten a los estudiantes establecer una relación directa entre la percepción y la construcción conceptual. Un estudiante que observa un cambio de estado, manipula materiales en un experimento o analiza las variaciones en un ecosistema cercano participa en un proceso de interpretación

que reorganiza sus explicaciones.En este contexto, la crítica al modelo tradicional adquiere una dimensión significativa. Un enfoque centrado únicamente en la transmisión de contenidos reduce el aprendizaje a la memorización de conceptos ya elaborados, porque los estudiantes repiten definiciones sin comprender los procesos. La falta de experiencias perceptivas dificulta la construcción de representaciones cognitivas profundas.

La experiencia sensorial por sí sola no garantiza la comprensión científica. La observación directa puede ser interpretada de muchas maneras si no existe una reflexión conceptual. Los estudiantes tienden a interpretar los fenómenos a partir de sus concepciones previas (Vosniadou, 2019). Entonces, las experiencias multisensoriales adquieren valor educativo cuando se integran con el análisis, la discusión y la modelización conceptual.

Desde el enfoque basado en competencias, las experiencias multisensoriales contribuyen al desarrollo de habilidades fundamentales: observar, describir, comparar y explicar fenómenos, las cuales permiten una comprensión más situada del conocimiento científico.

La evaluación formativa también desempeña un papel relevante. El docente guía la reflexión posterior a una experiencia experimental o a una observación sistemática. Así, el estudiante revisa sus interpretaciones iniciales y progresa hacia explicaciones coherentes. La retroalimentación acompaña la construcción progresiva de significado.

El aprendizaje científico se nutre de la interacción entre la percepción, la emoción y el razonamiento. Un fenómeno observado directamente genera sorpresa, duda o curiosidad. Estas reacciones distan de ser meras distracciones cognitivas para desarrollarse como componentes del proceso de comprensión. De hecho, la ciencia misma se desarrolló a partir de preguntas que surgieron a través de la observación.

En el contexto educativo contemporáneo, los recursos digitales y las simulaciones interactivas hacen posible representar procesos que no pueden ser observados directamente en el aula. Incluso en entornos virtuales, el aprendizaje se apoya en la activación simultánea de diversos sistemas perceptivos.

Sin embargo, la relación entre la experiencia sensorial y el pensamiento científico plantea interrogantes sobre el diseño del entorno de aprendizaje. Un aula centrada únicamente en el discurso verbal limita las oportunidades de explorar los fenómenos desde diferentes perspectivas perceptivas. En cambio, un entorno que

promueve la experimentación, la observación directa y el análisis de evidencias favorece la construcción de modelos explicativos consistentes.

Las experiencias multisensoriales conforman un componente clave en la construcción del conocimiento científico. La interacción entre la percepción, la reflexión y la modelización rebasa la repetición de conceptos. El aprendizaje se convierte en una experiencia intelectual en la que el estudiante interpreta el mundo natural con herramientas rigurosas. La experiencia sensorial se transforma, de este modo, en el punto de partida para el desarrollo del pensamiento científico.

Retroalimentación cognitiva

La retroalimentación debe trascender la sola idea de una evaluación y comprenderse como un mecanismo cognitivo para reorganizar el pensamiento. No se trata de señalar si una respuesta es correcta o incorrecta, el objetivo es proporcionar información para que el estudiante pueda revisar, contrastar y reconstruir sus explicaciones sobre los fenómenos. La retroalimentación es una condición indispensable para el desarrollo del pensamiento científico.

La ciencia no avanza acumulando certezas de manera lineal; avanza a través de la revisión continua de las explicaciones. Las hipótesis se contrastan con la evidencia, los modelos se ajustan a la luz de nuevas observaciones y las teorías se reformulan cuando ya no logran explicar los fenómenos. Este proceso de revisión encuentra un paralelo pedagógico en la retroalimentación cognitiva dentro del aula.

El estudiante recibe información que le permite comprender por qué una explicación es más consistente que otra, lo que genera una oportunidad para reorganizar sus estructuras conceptuales. El cambio conceptual requiere una confrontación reflexiva entre las ideas previas y las nuevas interpretaciones coherentes con la evidencia científica (Vosniadou, 2019). Es decir, que la retroalimentación, lejos de limitarse a corregir errores, debe guíar la transformación del pensamiento.

La neurociencia educativa muestra que la retroalimentación influye en la consolidación de las redes neuronales involucradas en el aprendizaje, especialmente cuando permite ajustar el razonamiento a través de la experiencia (Dehaene, 2020; Tokuhama, 2018). De este modo, opera tanto a nivel pedagógico como cognitivo y favorece a la reorganización de los circuitos neuronales asociados a la comprensión conceptual.

La crítica al modelo evaluativo tradicional explica por qué este potencial transformador no siempre se concreta: cuando la evaluación se reduce a calificaciones finales, la retroalimentación llega demasiado tarde para influir en el proceso. Es así que la evaluación termina certificando logros sin contribuir a la mejora de la comprensión.

La evaluación formativa , en cambio, ofrece una perspectiva diferente. Una retroalimentación integrada de manera continua permite a los estudiantes revisar su razonamiento mientras construyen sus explicaciones. La evaluación deja de ser un momento final de verificación y se convierte en una herramienta para guiar la construcción del conocimiento.

La retroalimentación cognitiva es especialmente relevante en ciencias naturales. Muchas de las dificultades conceptuales son interpretaciones profundamente arraigadas en la experiencia cotidiana y no simples errores superficiales. Las explicaciones intuitivas sobre el movimiento, la energía o el equilibrio ecológico pueden ser coherentes desde la perspectiva del sentido común, pero no coinciden con los modelos científicos: limitarse a corregir la respuesta no basta para promover la comprensión.

El aprendizaje se fortalece cuando el estudiante analiza por qué una explicación alternativa es más adecuada. Este proceso examina la evidencia, compara interpretaciones y revisa supuestos. Por tanto, una retroalimentación orientada hacia esta reflexión contribuye al desarrollo de habilidades de argumentación científica, una competencia central en la alfabetización científica contemporánea (OCDE, 2019).

Aprender implica asumir riesgos intelectuales; formular hipótesis, explorar explicaciones y cuestionar ideas previas genera incertidumbre. Un aula que interpreta el error únicamente como un fracaso transforma esa incertidumbre en resistencia. En cambio, una retroalimentación orientada a comprender el proceso de pensamiento hace del error el punto de partida para nuevas reflexiones.

La retroalimentación cognitiva también influye en la percepción que el estudiante tiene de sí mismo. Las interpretaciones sobre el propio desempeño afectan la motivación y la persistencia (Hattie y Clarke, 2019). Aquella centrada en exclusiva en los resultados finales induce a los estudiantes a interpretar sus dificultades como una incapacidad; por el contrario, la retroalimentación orientada al proceso refuerza la idea de que la comprensión se desarrolla de manera progresiva.

El pensamiento científico se construye mediante la revisión y mejora continua de las explicaciones. Aprender ciencias en desarrollar la capacidad de analizar evidencias, formular argumentos y ajustar modelos explicativos, por encima de simplemente recordar teorías aceptadas. La retroalimentación acompaña este proceso de construcción intelectual.

La retroalimentación es una dimensión esencial del aprendizaje científico, más que un elemento adicional de la enseñanza. A través de ella, el estudiante confronta sus ideas con nuevas evidencias y revisa sus interpretaciones a la luz de argumentos más sólidos. El conocimiento deja de ser una colección de respuestas correctas y se convierte en una estructura conceptual en evolución. Así, la retroalimentación guía el aprendizaje y refleja la lógica misma mediante la cual avanza la ciencia.

Capítulo 6

Ciencias naturales y sostenibilidad

Educación ambiental y desarrollo sostenible

Durante las últimas décadas, la enseñanza de las ciencias naturales ha experimentado importantes cambios conceptuales y pedagógicos. En la actualidad, el conocimiento científico supera la condición de mero conjunto de explicaciones acerca de los fenómenos naturales,para consolidarse como una herramienta indispensable para comprender problemáticas ambientales contemporáneas, como el cambio climático, la pérdida de biodiversidad y el deterioro de los ecosistemas. Esta ampliación de perspectivas ha puesto de manifiesto las dimensiones sociales y éticas de la ciencia y le ha otorgado un papel cada vez más relevante a la educación ambiental y al desarrollo sostenible dentro de los procesos educativos.

Incorporar la educación ambiental al currículo trasciende la inclusión de contenidos relacionados con el entorno. El verdadero desafío consiste en promover formas de pensamiento que permitan comprender las complejas interacciones que se establecen entre los sistemas naturales y las actividades humanas. De acuerdo con la perspectiva epistemológica propuesta en este libro, los fenómenos ambientales no pueden interpretarse mediante relaciones lineales y simplificadas, pues su comprensión exige modelos explicativos capaces de integrar múltiples variables y de analizar procesos de cambio que operan en diferentes escalas espaciales y temporales.

Cuando la educación científica se orienta hacia la sostenibilidad, adquiere el propósito central de interpretar sistemas complejos. Comprender cómo interactúan los procesos biológicos, químicos y físicos dentro de los ecosistemas permite reconocer que las acciones humanas generan efectos que superan los contextos inmediatos. En este escenario, la ciencia aporta herramientas conceptuales para examinar dichas relaciones, al tiempo que favorece la reflexión sobre las decisiones sociales vinculadas al aprovechamiento de los recursos naturales. De este modo, la educación ambiental se sitúa en la convergencia entre conocimiento científico, pensamiento crítico y responsabilidad social (Peters, 2017; Unesco 2020).

La sostenibilidad amplía considerablemente el alcance de la alfabetización científica. Aprender ciencias implica mucho más que la comprensión de conceptos teóricos; supone también el análisis de problemáticas que inciden directamente en la vida cotidiana y en la organización de las sociedades. En este sentido,, la alfabetización científica adquiere una dimensión ciudadana, al preparar a las personas para participar de manera informada en debates relacionados con el ambiente, la energía o el desarrollo tecnológico. Formar ciudadanos capaces de interpretar la evidencia científica constituye una de las responsabilidades

fundamentales de la educación contemporánea (Fischer et al., 2018; OCDE, 2019).

Esta visión cuestiona las formas tradicionales de organización de la enseñanza de las ciencias examinadas en el segundo capítulo. Los modelos centrados en la transmisión fragmentada de contenidos presentan limitaciones para abordar fenómenos cuya comprensión requiere enfoques sistémicos. Los problemas ambientales demandan la integración de conocimientos provenientes de diversos campos del saber, en lugar de someterse a las fronteras establecidas por disciplinas aisladas. Por esta razón, los currículos estructurados exclusivamente en torno a contenidos independientes suelen dificultar la percepción de estas interrelaciones por parte de los estudiantes.

Sin embargo, cuestionar la fragmentación disciplinar mantiene intacto el rigor conceptual, pues el análisis de los desafíos ambientales exige una sólida base de conocimientos científicos. La verdadera transformación recae en la manera en que esos conceptos se articulan y se emplean para interpretar fenómenos reales. En una educación científica orientada a la sostenibilidad, los conceptos dejan de ser fines en sí mismos para convertirse en instrumentos que permiten analizar situaciones concretas del entorno, otorgando al conocimiento una mayor relevancia y significado.

El enfoque por competencias ofrece un marco adecuado para promover esta integración. Las competencias científicas implican la capacidad de movilizar conocimientos con el propósito de interpretar situaciones problemáticas, analizar evidencias y construir argumentos fundamentados. Aplicadas a contextos ambientales, estas competencias permiten valorar explicaciones alternativas y examinar las posibles consecuencias de distintas decisiones. En consecuencia, la educación ambiental se configura como un espacio propicio para fortalecer tanto el pensamiento crítico como la argumentación científica.

Asimismo, las metodologías activas adquieren especial pertinencia cuando se abordan temas relacionados con la sostenibilidad. Estrategias como el aprendizaje basado en la indagación, el aprendizaje basado en proyectos y la resolución de problemas brindan oportunidades para que los estudiantes investiguen situaciones auténticas presentes en sus comunidades. Actividades vinculadas al análisis de la calidad del agua, al estudio de los efectos de los residuos o a la observación de transformaciones en ecosistemas cercanos permiten establecer conexiones significativas entre el conocimiento científico y la realidad social.

Además de favorecer la comprensión conceptual, estas experiencias

contribuyen a desarrollar una relación más reflexiva con el entorno. Los estudiantes asumen un papel activo en investigaciones vinculadas directamente con sus contextos de vida, lo que reduce la distancia entre la ciencia escolar y la experiencia cotidiana. De esta manera, el conocimiento científico deja de percibirse como algo abstracto o lejano, mientras que la sostenibilidad se conecta con situaciones concretas de la realidad inmediata.

La dimensión emocional del aprendizaje también posee una relevancia significativa en este ámbito. Los problemas ambientales suelen generar inquietud, incertidumbre e incluso ansiedad, especialmente cuando afectan de forma directa a las comunidades locales. No obstante, estas emociones pueden transformarse en motores para la reflexión científica,cuando se orientan hacia la búsqueda de explicaciones y posibles soluciones. La curiosidad y el interés, en particular, pueden impulsar procesos más profundos de investigación e indagación.

Uno de los riesgos presentes en la educación ambiental consiste en simplificar excesivamente la complejidad de los problemas asociados a la sostenibilidad. En ocasiones, las discusiones se reducen a mensajes normativos orientados a promover determinados comportamientos, sin profundizar en los fundamentos científicos que los sustentan. Como consecuencia, el aprendizaje puede limitarse a la repetición de recomendaciones morales,en lugar de favorecer una comprensión rigurosa de las razones que las justifican.

Superar esta tendencia requiere situar la educación ambiental dentro del marco del pensamiento científico. El análisis de datos, la interpretación de evidencias y la valoración crítica de explicaciones alternativas permiten comprender que los problemas ambientales rara vez admiten respuestas simples. La sostenibilidad implica comparar opciones, examinar consecuencias y reconocer los márgenes de incertidumbre inherentes a los procesos ecológicos. Este enfoque fortalece la capacidad de los estudiantes para analizar de manera crítica la información científica disponible.

En este orden de ideas, la educación ambiental orientada al desarrollo sostenible invita a reconsiderar el papel que desempeña la enseñanza de las ciencias naturales en la sociedad contemporánea. La ciencia aporta explicaciones acerca del funcionamiento del mundo natural,al tiempo que ofrece herramientas para reflexionar sobre las decisiones que condicionarán su futuro. Formar estudiantes capaces de comprender estas relaciones emerge como uno de los desafíos más relevantes de la educación científica actual. Así, la sostenibilidad deja de concebirse como un tema complementario y pasa a convertirse en un marco interpretativo

que permite comprender las profundas interacciones existentes entre ciencia, sociedad y naturaleza.

Integración de los ODS en la enseñanza

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) constituyen un marco de referencia global para afrontar los desafíos ambientales, sociales y económicos que caracterizan al mundo contemporáneo. Sin embargo, en el ámbito educativo, el reto principal se basa en transformarlos en experiencias de aprendizaje que resulten significativas para los estudiantes. Esto implica generar espacios que favorezcan el análisis crítico de las problemáticas que configuran la realidad actual. Desde esta perspectiva, integrar los ODS en la enseñanza de las ciencias naturales supone mucho más que añadir nuevos contenidos; requiere fortalecer los vínculos entre el conocimiento científico y la comprensión de los sistemas socioambientales.

Tal como se analizó en el primer capítulo, el avance de la ciencia se sustenta en la construcción y revisión de modelos explicativos capaces de interpretar fenómenos complejos. Muchos de los ODS, especialmente aquellos relacionados con el agua, la seguridad alimentaria, las energías sostenibles y la conservación de los ecosistemas, exigen una visión sistémica para su comprensión. Dado que su estudio demanda analizar las interacciones que se establecen entre procesos biológicos, químicos, físicos y sociales, la educación científica ocupa una posición privilegiada para contribuir a la comprensión de estas relaciones.

La incorporación de los ODS también plantea la necesidad de reconfigurar la forma en que se organiza y presenta el conocimiento científico. Como se expuso previamente, los enfoques tradicionales suelen estructurar los contenidos en unidades independientes que se abordan de manera aislada. Aunque esta organización puede facilitar la planificación curricular, con frecuencia dificulta la comprensión de fenómenos que trascienden las fronteras disciplinares, puesto que los problemas asociados al desarrollo sostenible no pueden interpretarse adecuadamente desde una sola área de conocimiento; por el contrario, requieren la articulación de múltiples perspectivas científicas.

Esta situación conduce igualmente a cuestionar las prácticas de evaluación centradas principalmente en la reproducción de información. Cuando la evaluación privilegia la memorización, el aprendizaje corre el riesgo de reducirse a la acumulación de datos descontextualizados. En cambio, las problemáticas vinculadas con la sostenibilidad requieren de capacidades para interpretar evidencias, analizar información y construir argumentos fundamentados. Por ello, la integración de los ODS favorece una cultura evaluativa más coherente con los principios y procesos propios de la investigación científica (OCDE, 2019).

El enfoque basado en competencias ofrece un marco adecuado para responder a estas exigencias educativas. Mientras que las competencias científicas implican la capacidad de movilizar conocimientos para comprender situaciones complejas y tomar decisiones fundamentadas, los ODS proporcionan contextos auténticos en los que dichas competencias pueden desarrollarse y ponerse en práctica. Analizar cuestiones relacionadas con la disponibilidad de agua, la sostenibilidad energética o los impactos humanos sobre los ecosistemas exige aplicar conocimientos científicos a situaciones reales.

Del mismo modo, las metodologías activas aportan herramientas valiosas para favorecer esta integración. Estrategias como el aprendizaje basado en proyectos, la indagación y la resolución de problemas permiten abordar los desafíos de la sostenibilidad desde una perspectiva investigativa. En este contexto, el conocimiento científico deja de concebirse como un conjunto de respuestas previamente establecidas y se transforma en un recurso para formular preguntas, analizar información y construir explicaciones sustentadas en evidencias.

La dimensión cognitiva , por su parte, refuerza igualmente la relevancia de este enfoque. Las cuestiones relacionadas con la sostenibilidad suelen despertar interés porque mantienen una estrecha relación con la vida cotidiana y con los entornos en los que se desenvuelven los estudiantes. Cuando este interés se orienta hacia la reflexión científica, puede favorecer aprendizajes más profundos y duraderos. La curiosidad impulsa la elaboración de modelos explicativos cada vez más complejos y promueve una participación activa en la construcción del conocimiento.

No obstante, la incorporación de los ODS al ámbito educativo también presenta ciertos riesgos. En algunos contextos, estos objetivos pueden ser presentados como principios normativos que deben aceptarse sin cuestionamiento. Bajo estas condiciones, el aprendizaje puede convertirse en la repetición de discursos institucionales en lugar de propiciar una auténtica comprensión científica. Por ello, la enseñanza de las ciencias naturales debe abordar los ODS como objetos de

análisis y reflexión crítica, y no como simples metas destinadas a ser memorizadas.

Una aproximación crítica implica examinar las evidencias científicas disponibles y considerar diferentes interpretaciones acerca de las posibles soluciones. Los problemas ambientales y sociales complejos rara vez admiten respuestas únicas o definitivas. La ciencia no ofrece recetas infalibles; proporciona herramientas conceptuales y metodológicas que permiten evaluar alternativas y comprender sus posibles consecuencias. En consecuencia, la educación científica contribuye a formar ciudadanos capaces de participar de manera informada en debates relacionados con cuestiones ambientales y tecnológicas (Peters, 2017; Unesco 2020).

La integración de los ODS también amplía la comprensión que los estudiantes tienen acerca de la función social de la ciencia. La investigación científica influye en decisiones vinculadas con la gestión de recursos, la producción de energía, la conservación de la biodiversidad y las políticas de desarrollo sostenible. Comprender estas conexiones permite reconocer que el conocimiento científico ejerce una influencia que trasciende ampliamente los límites del laboratorio y de las instituciones educativas.

Abordar los ODS en la enseñanza de las ciencias naturales implica reconocer que la alfabetización científica del siglo XXI va más allá del dominio de conceptos disciplinares. Uno de los principales desafíos de la educación contemporánea consiste en preparar personas capaces de interpretar información científica, valorar críticamente las evidencias y comprender las complejas relaciones que se establecen entre las sociedades humanas y los sistemas naturales. Al poner el conocimiento científico en diálogo directo con los desafíos globales, los ODS favorecen una comprensión más profunda de los vínculos existentes entre ciencia, sostenibilidad y desarrollo humano.

Ciencia, ciudadanía y responsabilidad social

La formación de una ciudadanía científicamente alfabetizada también implica desarrollar la capacidad de participar de manera responsable en procesos de deliberación pública. En las sociedades contemporáneas, numerosas decisiones relacionadas con el ambiente, la salud, la energía o el desarrollo tecnológico requieren interpretar información científica y valorar sus posibles implicaciones. La participación ciudadana en estos debates exige habilidades que exceden el conocimiento conceptual. Resulta necesario comprender cómo se produce el

conocimiento científico, cuáles son sus alcances y limitaciones y de qué manera puede contribuir a la toma de decisiones fundamentadas.

Desde esta perspectiva, la enseñanza de las ciencias naturales adquiere una dimensión formativa que trasciende los objetivos tradicionalmente asociados a la adquisición de contenidos. La educación científica contribuye a desarrollar capacidades para analizar críticamente,información proveniente de distintas fuentes, identificar argumentos sustentados en evidencias y reconocer afirmaciones que carecen de respaldo científico. Estas competencias son especialmente relevantes en una época caracterizada por la abundancia de información y la rápida difusión de contenidos a través de medios digitales y redes de comunicación.

La comprensión de la relación entre ciencia y sociedad también requiere reconocer que las decisiones públicas suelen involucrar dimensiones éticas, económicas, ambientales y culturales. Los problemas contemporáneos rara vez poseen soluciones simples o exclusivamente técnicas. Cuestiones como el cambio climático, la conservación de la biodiversidad, la producción energética o la gestión de recursos naturales demandan análisis que integren múltiples perspectivas. La educación científica puede contribuir a esta comprensión al proporcionar herramientas para examinar la complejidad de los fenómenos y valorar las consecuencias de diferentes alternativas de acción.

Asimismo, la ciudadanía científica implica comprender que el conocimiento no se produce en un vacío social. Los avances científicos y tecnológicos se desarrollan en contextos históricos y culturales específicos que influyen en las preguntas que se investigan, en las prioridades establecidas y en las aplicaciones derivadas de los descubrimientos. Esta comprensión permite analizar la ciencia como una actividad humana vinculada a necesidades sociales concretas, en lugar de concebirla únicamente como una acumulación de conocimientos abstractos.

La participación en debates públicos relacionados con la ciencia exige también el desarrollo de competencias argumentativas. Los ciudadanos necesitan aprender a justificar sus posiciones mediante evidencias, evaluar la consistencia de diferentes argumentos y reconocer la complejidad inherente a muchos problemas sociales y ambientales. La argumentación científica favorece el diálogo informado y contribuye a la construcción de decisiones más reflexivas y fundamentadas. En este sentido, la enseñanza de las ciencias naturales puede convertirse en un espacio privilegiado para fortalecer las habilidades de análisis, discusión y comunicación.

La relación entre ciencia y ciudadanía adquiere especial relevancia cuando los estudiantes tienen la oportunidad de investigar problemas presentes

en sus propios contextos. El análisis de situaciones locales relacionadas con la calidad del agua, la gestión de residuos, la conservación de ecosistemas o la salud comunitaria permite conectar el conocimiento científico con experiencias cercanas y significativas. Estas experiencias favorecen una comprensión más profunda del papel que desempeña la ciencia en la interpretación y transformación de la realidad social.

Por otra parte, promover la ciudadanía científica, en vez de orientar a los estudiantes hacia posiciones ideológicas determinadas, tiene como objetivo desarrollar capacidades para analizar información, valorar evidencias y construir opiniones fundamentadas de manera autónoma. La educación científica mantiene su compromiso con el pensamiento crítico,precisamente,porque reconoce la necesidad de examinar múltiples perspectivas antes de adoptar conclusiones sobre problemas complejos.

La alfabetización científica del siglo XXI exige, además, una comprensión adecuada de la incertidumbre que caracteriza a muchos procesos de investigación. La ciencia no siempre proporciona respuestas definitivas e inmediatas. En numerosas ocasiones, las explicaciones evolucionan a medida que se dispone de nuevas evidencias. Comprender esta naturaleza dinámica del conocimiento científico ayuda a los estudiantes a interpretar con mayor rigor las controversias presentes en la esfera pública y a evitar visiones simplificadas de los problemas contemporáneos.

En última instancia, la educación científica orientada a la formación ciudadana busca preparar personas capaces de participar activamente en sociedades cada vez más influenciadas por el conocimiento científico y tecnológico. Esto implica desarrollar habilidades para interpretar información, analizar evidencias, comprender la naturaleza de la ciencia y reconocer las implicaciones sociales de las decisiones fundamentadas en el conocimiento científico. De esta manera, la enseñanza de las ciencias naturales contribuye a la comprensión del mundo natural y a la construcción de comunidades más críticas, informadas y capaces de afrontar responsablemente los desafíos del futuro

Capítulo

7

Diseño de una clase innovadora de ciencias naturales

Componentes esenciales de una clase de calidad

La calidad de una clase de ciencias naturales también está estrechamente relacionada con su capacidad para responder a la diversidad de experiencias, intereses y formas de aprendizaje presentes en el aula. Los estudiantes no llegan al proceso educativo como receptores vacíos de información. Cada uno posee conocimientos previos, explicaciones intuitivas y experiencias personales que influyen en la manera en que interpreta los fenómenos naturales. Una enseñanza de calidad reconoce estas diferencias y las utiliza como punto de partida para la construcción de nuevos significados.

Desde este punto de vista, el papel del docente adquiere una relevancia fundamental. Su función se basa en diseñar situaciones de aprendizaje que favorezcan la observación, el cuestionamiento y la elaboración progresiva de explicaciones. El profesor actúa como mediador entre el conocimiento científico y las formas de comprensión de los estudiantes. A través de preguntas, orientaciones y experiencias cuidadosamente planificadas, facilita la construcción de interpretaciones cada vez más próximas a los modelos científicos aceptados.

La contextualización de los contenidos representa otro elemento esencial para garantizar la calidad educativa. Los conceptos científicos adquieren mayor significado cuando se relacionan con situaciones que forman parte de la realidad de los estudiantes. Por su parte, fenómenos vinculados con la salud, el ambiente, la alimentación o la tecnología permiten establecer conexiones entre el conocimiento escolar y la experiencia cotidiana. Estas conexiones favorecen la comprensión y contribuyen a que los estudiantes perciban la utilidad del conocimiento científico para interpretar el mundo que los rodea.

La experimentación desempeña igualmente un papel relevante dentro de esta visión de la enseñanza. Sin embargo, su valor educativo no depende únicamente de la manipulación de materiales o de la realización de procedimientos prácticos. La experimentación adquiere significado cuando se convierte en una oportunidad para formular preguntas, contrastar ideas, analizar resultados y construir explicaciones fundamentadas. Su potencial formativo reside en la posibilidad de promover procesos de indagación que permitan comprender fenómenos, más que la simple reproducción de demostraciones previamente conocidas.

Asimismo, los recursos tecnológicos pueden enriquecer las experiencias de aprendizaje cuando se utilizan con propósitos pedagógicos claramente definidos. Simulaciones, laboratorios virtuales y herramientas digitales para la representación

y el análisis de datos ofrecen nuevas posibilidades para explorar fenómenos científicos. No obstante, la calidad de la enseñanza no depende de la tecnología en sí misma,sino que, más bien,precisa de la manera en que esta contribuye a favorecer la comprensión conceptual y el desarrollo del pensamiento científico.

Otro aspecto fundamental es la creación de ambientes de aprendizaje que promuevan la participación real y el intercambio de ideas. La ciencia se construye mediante procesos de discusión, contraste y revisión de explicaciones. De manera similar, las aulas que favorecen el diálogo y la argumentación ofrecen oportunidades para que los estudiantes expresen sus interpretaciones, analicen diferentes puntos de vista y fortalezcan su comprensión conceptual. Estas interacciones contribuyen al desarrollo de habilidades comunicativas y al aprendizaje colaborativo.

La transferencia del aprendizaje constituye también un indicador importante de calidad educativa. Comprender un concepto científico implica ser capaz de utilizarlo para interpretar situaciones diferentes a aquellas en las que fue aprendido inicialmente. Cuando los estudiantes aplican sus conocimientos para explicar fenómenos nuevos, resolver problemas o analizar situaciones reales, demuestran una comprensión más profunda y funcional del conocimiento científico.

La coherencia entre objetivos, actividades, metodologías y evaluación representa otro componente esencial de una enseñanza de calidad. Cada uno de estos elementos debe contribuir de manera articulada al desarrollo de competencias científicas. Cuando existe correspondencia entre lo que se pretende enseñar, las experiencias que se ofrecen y las formas de evaluación utilizadas, los estudiantes encuentran mayores oportunidades para construir aprendizajes significativos y duraderos.

Reflexionar sobre la calidad de una lección implica reconocer que el aprendizaje científico es un proceso gradual. La comprensión de los fenómenos naturales requiere tiempo, experiencias variadas y oportunidades para revisar interpretaciones iniciales. Las ideas de los estudiantes evolucionan progresivamente a medida que interactúan con nuevas evidencias y participan en procesos de análisis y discusión. La enseñanza de calidad acompaña este proceso y reconoce que la construcción del conocimiento científico es un camino de desarrollo continuo.

En última instancia, una lección de ciencias naturales de alta calidad se caracteriza por promover comprensión, reflexión y pensamiento científico. Su valor no depende de la cantidad de contenidos abordados ni de la complejidad de las actividades propuestasmás bien, está sujeto en la profundidad con la que los

estudiantes logran comprender los fenómenos estudiados. Cuando las preguntas, la observación, la experimentación, la argumentación y la evaluación se integran de manera coherente, la enseñanza de las ciencias se convierte en una experiencia intelectual que permite interpretar la realidad desde una perspectiva científica y fundamentada.

Secuencia didáctica basada en indagación

La implementación de secuencias de indagación también exige reconocer el papel activo que desempeña el docente en la orientación del aprendizaje. Aunque la indagación promueve la exploración y la construcción autónoma de explicaciones, ello no implica la ausencia de acompañamiento pedagógico. El docente diseña experiencias de aprendizaje, selecciona fenómenos significativos y formula preguntas que permitan a los estudiantes avanzar progresivamente hacia comprensiones más profundas. Su intervención favorece la construcción de conexiones entre las evidencias obtenidas durante la investigación y los modelos científicos utilizados para interpretar los fenómenos estudiados (Fischer et al., 2018).

Dentro de este proceso, la evidencia ocupa un lugar central. La construcción de explicaciones científicas requiere que los estudiantes aprendan a fundamentar sus interpretaciones mediante observaciones, registros y datos obtenidos durante la investigación. La observación sistemática, el análisis de información y la comparación de resultados permiten comprender que el conocimiento científico se sustenta en evidencias que pueden ser examinadas, discutidas y contrastadas. Esta comprensión fortalece la capacidad para diferenciar opiniones personales de explicaciones respaldadas por información verificable (Fischer et al., 2018).

Asimismo, la indagación favorece los procesos de reflexión sobre las propias ideas. A medida que los estudiantes confrontan sus interpretaciones iniciales con nuevas evidencias, tienen la oportunidad de identificar limitaciones en sus explicaciones y reconsiderar sus puntos de vista. Este proceso de revisión conceptual resulta fundamental para el aprendizaje científico, ya que permite reorganizar conocimientos previos y construir modelos explicativos más consistentes con la evidencia disponible. El cambio conceptual no ocurre de manera inmediata; requiere experiencias que promuevan la revisión de las interpretaciones iniciales y la reconstrucción progresiva de significados (Vosniadou, 2019).

Otro aspecto relevante es que las secuencias de indagación contribuyen a desarrollar una comprensión más auténtica de la naturaleza de la ciencia. Con

frecuencia, los estudiantes perciben el conocimiento científico como un conjunto de respuestas definitivas que deben memorizarse. Sin embargo, la participación en experiencias de investigación permite reconocer que las explicaciones científicas son el resultado de procesos continuos de análisis, contraste y revisión. Comprender esta característica favorece una visión más realista de la actividad científica y de la manera en que se construye el conocimiento.

La dimensión colaborativa constituye igualmente un componente esencial dentro de la indagación. La ciencia avanza mediante el intercambio de ideas, la discusión de evidencias y la comparación de interpretaciones. Del mismo modo, las actividades de investigación en el aula ofrecen oportunidades para que los estudiantes compartan observaciones, argumenten sus explicaciones y analicen perspectivas diferentes. Estas interacciones fortalecen la comprensión conceptual y favorecen el desarrollo de habilidades relacionadas con la argumentación científica (Fischer et al., 2018).

Las experiencias de indagación también permiten establecer vínculos significativos entre el conocimiento científico y los contextos cotidianos. Cuando los estudiantes investigan fenómenos presentes en su entorno, comprenden con mayor claridad la utilidad de la ciencia para interpretar situaciones reales. Los problemas relacionados con el ambiente, la salud o los recursos naturales pueden convertirse en escenarios auténticos para el aprendizaje científico. Estas conexiones contribuyen a que el conocimiento adquiera significado y relevancia más allá del contexto escolar.

A nivel de las competencias científicas, la indagación integra conocimientos, habilidades y actitudes dentro de una misma experiencia de aprendizaje. Los estudiantes desarrollan capacidades para formular preguntas, analizar información, interpretar evidencias y construir explicaciones fundamentadas. Al mismo tiempo, fortalecen actitudes relacionadas con la curiosidad, la apertura intelectual y la disposición para reconsiderar sus ideas cuando la evidencia lo requiere. De esta manera, el aprendizaje científico trasciende la simple adquisición de contenidos y se orienta hacia el desarrollo de formas de pensamiento propias de la actividad científica.

La neuroeducación aporta elementos importantes para comprender por qué estas experiencias favorecen aprendizajes más profundos. Las preguntas significativas despiertan la curiosidad y generan un mayor involucramiento cognitivo. Cuando los estudiantes participan activamente en la búsqueda de explicaciones, las nuevas ideas logran integrarse con mayor facilidad a los

conocimientos previos. Esta fusión favorece la consolidación de aprendizajes más duraderos y la reorganización de las estructuras cognitivas existentes (Dehaene, 2020; Immordino y Damasio, 2007).

No obstante, la implementación de secuencias de indagación presenta desafíos importantes. Requiere tiempo para explorar preguntas significativas, espacios para la discusión y oportunidades para analizar evidencias de manera rigurosa. Asimismo, demanda estrategias de evaluación capaces de valorar los procesos de razonamiento y no únicamente las respuestas finales. Estos desafíos forman parte de la complejidad inherente a una enseñanza centrada en la comprensión y en la construcción activa del conocimiento.

En última instancia, las secuencias didácticas basadas en la indagación representan una de las expresiones más coherentes de una educación científica orientada a la comprensión. Al situar las preguntas, la evidencia, la argumentación y la reflexión en el centro del aprendizaje, permiten que los estudiantes participen en formas de razonamiento cercanas a las que caracterizan la práctica científica. De esta manera, la enseñanza de las ciencias naturales deja de centrarse en la transmisión de información y se transforma en una experiencia intelectual que invita a comprender el mundo mediante procesos rigurosos de investigación y construcción de explicaciones científicas (Primero Dehaene, luego Osborne).

Integración de experimentación y evaluación

La integración de la experimentación y la evaluación sigue siendo un desafío persistente en la educación de las ciencias naturales. En muchos contextos educativos, las actividades experimentales se tratan como eventos aislados destinados a ilustrar conceptos que ya han sido explicados. La evaluación aparece después,para determinar si los estudiantes pueden recordar la información. Esta organización fragmentada no refleja la práctica científica. La experimentación y el análisis crítico de los resultados forman parte de un mismo proceso de investigación.

La investigación científica implica una interacción continua entre las hipótesis, la observación y el análisis de la evidencia. Los experimentos no se limitan a confirmar ideas establecidas; también desafían las interpretaciones, refinan los modelos explicativos y generan nuevas preguntas. Cuando la experimentación se integra en una secuencia de indagación, la evaluación se convierte en parte del proceso de revisión y reconstrucción del conocimiento.

La separación entre la experimentación y la evaluación tiene profundas raíces en los modelos tradicionales de enseñanza. La educación en ciencias con frecuencia ha reproducido una lógica común: el docente explica los conceptos, los estudiantes realizan actividades prácticas siguiendo instrucciones predeterminadas y, posteriormente, se utiliza la evaluación para medir la retención del contenido. Las actividades experimentales se convierten en demostraciones guiadas diseñadas para reproducir los resultados esperados, mientras que la evaluación asume la función de verificar que los estudiantes asimilaron la explicación.

Este modelo limita el desarrollo del pensamiento científico. La experimentación pierde su carácter indagatorio cuando se reduce a la ejecución de procedimientos mecánicos y la evaluación adopta la forma de un mecanismo de control. La investigación en educación científica indica que el verdadero potencial educativo de la experimentación surge cuando los estudiantes participan activamente en la interpretación de los resultados y en la construcción de explicaciones basadas en evidencias (Fischer et al., 2018).

Integrar la experimentación y la evaluación significa reconocer que ambos procesos forman parte de la construcción del conocimiento científico. Los estudiantes analizan los datos obtenidos de las actividades experimentales, comparan los resultados con sus hipótesis iniciales y discuten interpretaciones alternativas. Al hacerlo, se involucran en un proceso de evaluación intelectual similar a la lógica de la indagación científica. La evaluación deja de ser un evento externo y se transforma en una oportunidad para reflexionar sobre ideas que aún se encuentran en construcción.

El enfoque basado en competencias refuerza esta perspectiva. Las competencias científicas implican interpretar evidencias, formular explicaciones y construir argumentos basados en datos. La experimentación proporciona un contexto ideal para desarrollar estas habilidades, siempre que se incluyan oportunidades para reflexionar sobre los resultados. La evaluación formativa guía la discusión hacia una comprensión conceptual más profunda de los fenómenos observados.

Las metodologías de aprendizaje activo fortalecen aún más la integración de la experimentación y la evaluación. Las actividades experimentales organizadas dentro de proyectos de investigación o secuencias de indagación involucran a los estudiantes en la formulación de preguntas, la recolección de información, la interpretación de datos y la revisión de explicaciones. La evaluación se centra en el

proceso de razonamiento científico más que en la reproducción de los resultados esperados.

La dimensión cognitiva del aprendizaje ayuda a explicar por qué este enfoque resulta significativo. La construcción de un conocimiento duradero requiere experiencias que involucren activamente a los estudiantes en el análisis y la reflexión (Dehaene, 2020; Tokuhama, 2018). La experimentación, acompañada de la discusión de los resultados y la revisión de las interpretaciones, promueve la reorganización cognitiva asociada con el aprendizaje significativo.

La retroalimentación desempeña un papel central en este proceso. Durante las actividades experimentales, los estudiantes suelen interpretar los resultados de diferentes maneras, influenciados por sus concepciones previas. La discusión guiada por el docente ayuda a examinar estas interpretaciones y a conectarlas con los modelos científicos aceptados. La retroalimentación, lejos de sólo limitarse a la identificación de errores, se encarga de apoyar la construcción y el refinamiento de explicaciones basadas en la evidencia disponible.

De igual manera, la experimentación en el aula conlleva reconocer que la indagación científica se caracteriza por la exploración, la incertidumbre y la revisión continua de las ideas. Los resultados experimentales no siempre se ajustan de inmediato a las expectativas, pero dichas discrepancias crean valiosas oportunidades para el aprendizaje. Los estudiantes llegan a comprender que la ciencia avanza a través del análisis crítico y la revisión de hipótesis. Por lo tanto, la experimentación adquiere un significado más profundo que el de simplemente demostrar conceptos.

La integración de la experimentación y la evaluación fomenta una actitud reflexiva hacia el conocimiento científico. Los estudiantes aprenden que las explicaciones no se aceptan sobre la base de la autoridady que, por el contrario, se encuentran respaldadas por evidencias que pueden ser analizadas, cuestionadas y discutidas. Este enfoque fortalece la comprensión de los estudiantes sobre la ciencia como un proceso dinámico de construcción de conocimiento en el que las ideas se contrastan constantemente con la experiencia.

Una enseñanza de las ciencias naturales que integra con éxito la experimentación y la evaluación acerca la práctica del aula a la lógica de la indagación científica. Las actividades experimentales dejan de concebirse como momentos aislados y se convierten en oportunidades para analizar evidencias, discutir interpretaciones y construir explicaciones bien fundamentadas. La

evaluación, al abandonar su antigua condición de mecanismo externo de control, se convierte en un componente esencial del aprendizaje científico.

Criterios de calidad en la enseñanza científica

Reflexionar sobre la calidad en la educación de las ciencias naturales va más allá de la cobertura de contenidos o del rendimiento en las evaluaciones estandarizadas. Durante mucho tiempo, las discusiones sobre la eficacia educativa se centraron principalmente en indicadores cuantificables del logro académico. Sin embargo, la naturaleza del aprendizaje científico demuestra que los procesos de comprensión conceptual no siempre pueden medirse únicamente a través de respuestas correctas o incorrectas. La calidad de la enseñanza de las ciencias está estrechamente relacionada con la medida en que el aula se convierte en un espacio donde el conocimiento se construye a través del cuestionamiento, la interpretación de evidencias y el desarrollo de explicaciones bien fundamentadas.

La ciencia es dinámica y revisa continuamente sus modelos explicativos. Una educación científica de alta calidad no puede limitarse a presentar las teorías como verdades definitivas, en su lugar, debe brindar oportunidades para que los estudiantes comprendan cómo se desarrollan, se ponen a prueba y se revisan las explicaciones científicas. Un aula que reproduce esta lógica de indagación y análisis crítico permite a los estudiantes percibir la ciencia como un proceso intelectual en constante desarrollo, en lugar de como una colección de hechos que deben ser memorizados.

Los modelos tradicionales de enseñanza continúan influyendo sobre las prácticas educativas. En numerosas aulas, la enseñanza todavía sigue una lógica basada en la transmisión, en la que el docente explica los conceptos y los estudiantes reproducen la información. Aunque este modelo facilita la organización del currículo, ofrece oportunidades limitadas para el desarrollo del razonamiento científico. Los estudiantes pueden adquirir información conceptual sin comprender los procesos a través de los que se construye el conocimiento científico.

La calidad en la educación científica requiere reconsiderar el rol del estudiante. El enfoque basado en competencias enfatiza la movilización del conocimiento para interpretar situaciones problemáticas, analizar evidencias y formular explicaciones. Una clase de alta calidad no se define solamente por la claridad de la exposición del docente; más bien, se delimita por las oportunidades

que brinda para que los estudiantes participen activamente en la construcción del conocimiento.

Las metodologías de aprendizaje activo responden a este desafío. El aprendizaje basado en la indagación, el aprendizaje basado en proyectos y los enfoques de resolución de problemas involucran a los estudiantes en el análisis y la interpretación. El objetivo de estas metodologías sobrepasa la explicación conceptual para integrarla en un proceso más amplio en el que las ideas científicas surgen mediante la exploración de fenómenos y el diálogo entre diferentes interpretaciones.

La neuroeducación también aporta valiosas perspectivas. La comprensión conceptual profunda se desarrolla cuando los estudiantes se involucran activamente en procesos de razonamiento que implican comparar ideas, analizar evidencias y revisar interpretaciones (Dehaene, 2020; Immordino y Damasio, 2007). Un aula que estimula estos procesos cognitivos promueve un aprendizaje más duradero y significativo.

La evaluación asume un rol diferente dentro de esta perspectiva. Lejos de limitarse a verificar los resultados finales, se convierte en una herramienta para analizar cómo se construyen las explicaciones científicas a lo largo del proceso de aprendizaje. La retroalimentación ayuda a identificar las dificultades conceptuales y guía la reflexión hacia una comprensión más profunda de los fenómenos. Una evaluación que se integra en el proceso de aprendizaje fortalece la calidad general de la instrucción.

En este contexto, la discusión sobre la calidad educativa conduce a reconocer que el aprendizaje científico se encuentra influenciado por la relación de los estudiantes con el conocimiento. Una clase que conecta las preguntas científicas con experiencias significativas puede estimular la curiosidad, el asombro y el interés. Estas emociones forman parte del proceso de involucrarse en la exploración de los fenómenos naturales. La curiosidad científica puede servir como punto de partida para la construcción de explicaciones complejas.

La calidad de la enseñanza de las ciencias también se refleja en el diálogo intelectual. La ciencia avanza a través de la discusión, en la que las ideas se contrastan con evidencias y argumentos. Un aula que reproduce esta interacción enseña a los estudiantes a justificar sus interpretaciones y a analizar críticamente las explicaciones de sus compañeros. La argumentación científica fortalece tanto el pensamiento crítico como la comprensión conceptual (Fischer et al., 2018).

Por lo tanto, discutir la calidad en la educación de las ciencias naturales requiere reconocer que el aprendizaje científico es un proceso complejo que integra la experiencia, la reflexión y el diálogo. Las clases de ciencias se vuelven significativas cuando ayudan a los estudiantes a comprender cómo se construyen las explicaciones científicas y cómo estas se utilizan para interpretar el mundo natural. Un aula organizada en torno a preguntas significativas, el análisis de evidencias y la discusión de interpretaciones transforma la enseñanza de las ciencias en una experiencia intelectual que anima a los estudiantes a comprender la realidad desde una perspectiva crítica y reflexiva.

Capítulo

8

Hacia una enseñanza transformadora de las ciencias naturales

La ciencia como experiencia educativa

Resulta imperativo replantear la concepción de la ciencia en la educación. Tradicionalmente, las escuelas han presentado la ciencia como un cuerpo de conocimientos establecidos. Los docentes explican teorías, describen fenómenos y organizan contenidos. Este enfoque ha estructurado la educación científica durante décadas; sin embargo, también ha creado una brecha entre la naturaleza del conocimiento científico y la forma en que este se presenta en el aula.

La ciencia no surge de la acumulación pasiva de información; se construye sobre el deseo humano de comprender el mundo. Comienza con preguntas que desafían las explicaciones existentes y se apoya en el análisis de evidencias para interpretar los fenómenos naturales. El aprendizaje significativo de las ciencias se materializa cuando los estudiantes se involucran activamente en la indagación, la interpretación y la argumentación (Fischer et al., 2018; National Academies of Sciences, Engineering and Medicine, 2019).

En el aula, la ciencia suele perder parte de su dimensión investigadora. Con frecuencia, los currículos priorizan la cobertura de contenidos conceptuales, mientras que las actividades experimentales se utilizan principalmente para ilustrar conceptos que ya han sido explicados. La ciencia se enseña sin reproducir los modos de pensamiento que caracterizan la práctica científica. Los estudiantes aprenden definiciones, leyes y modelos teóricos, pero no siempre comprenden cómo se construyen esas explicaciones o por qué se consideran válidas.

Comprender la ciencia como modelización implica reconocer que las teorías científicas, antes que asumirse como representaciones absolutas de la realidad, son herramientas conceptuales utilizadas para interpretar fenómenos complejos. Los estudiantes que construyen, revisan o comparan modelos explicativos llegan a comprender que el conocimiento científico se desarrolla a través de la interpretación y el debate. La ciencia deja de plantearse como una colección de verdades fijas y se convierte en una forma de pensamiento que evoluciona continuamente.

La enseñanza tradicional tiende a simplificar en exceso esta dimensión. Muchas prácticas educativas giran en torno a la transmisión de contenidos y a evaluaciones centradas en la evocación de información. Si bien este modelo puede proporcionar eficiencia curricular, limita una comprensión más profunda de los procesos que generan el conocimiento científico. Cuando el aprendizaje se reduce a la memorización, la ciencia se convierte en una disciplina distante e inaccesible.

Reconocer la ciencia como una experiencia educativa desafía esta lógica. La educación científica asume la tarea de brindar oportunidades para que los estudiantes experimenten la construcción del conocimiento. Las preguntas han de ocupar un lugar central en el aula. Por su parte, los fenómenos naturales requieren consolidarse como objetos de exploración y las explicaciones precisan ser discutidas y revisadas a la luz de las evidencias.

Por ello, el enfoque basado en competencias es particularmente valioso. Las competencias científicas, imposibles de desarrollarse únicamente a través de información conceptual, requieren aprender a formular preguntas, interpretar datos y construir argumentos basados en evidencias. Estas habilidades emergen cuando los estudiantes analizan fenómenos desde múltiples perspectivas y construyen explicaciones de manera colaborativa a través del diálogo y la reflexión.

Las metodologías de aprendizaje activo responden a esta necesidad. El aprendizaje basado en la indagación y los enfoques de resolución de problemas reorganizan la dinámica del aula al involucrar a los estudiantes en la exploración de fenómenos, la formulación de hipótesis, el análisis de resultados y la discusión de interpretaciones. Estas experiencias promueven el aprendizaje conceptual a la vez que fomentan una comprensión más profunda de cómo se construye el conocimiento científico.

La neuroeducación ayuda a explicar la importancia de estas experiencias. El aprendizaje se fortalece cuando los estudiantes participan activamente en el descubrimiento y la reflexión. La exploración, la sorpresa y la resolución de problemas activan sistemas cognitivos relacionados con la atención y la memoria, de modo que apoyan la consolidación del aprendizaje (Dehaene, 2020; Immordino y Damasio, 2007). En consecuencia, la enseñanza de las ciencias debe centrarse en el diseño de experiencias educativas que permitan a los estudiantes comprender ese contenido de manera significativa y no únicamente a nivel teórico.

Humanizar la enseñanza de las ciencias naturales significa reconocer a la ciencia como parte de la experiencia cultural humana más amplia. Las grandes teorías científicas surgieron de intentos por comprender fenómenos cotidianos: el movimiento de los cuerpos celestes, la diversidad de los organismos vivos y el funcionamiento del cuerpo humano. Un aula que conecta las explicaciones científicas con las propias experiencias y preguntas de los estudiantes transforma la ciencia en una herramienta para interpretar el mundo.

Esta dimensión cultural invita a reconsiderar el rol del docente. Los profesores hacen más que transmitir información: median procesos de pensamiento que ayudan a los estudiantes a interpretar los fenómenos naturales. Guían la exploración, plantean preguntas que profundizan la reflexión y ayudan a los estudiantes a conectar las observaciones con los modelos científicos. Esta forma de mediación requiere sensibilidad hacia las ideas previas de los estudiantes y apoyo para su desarrollo conceptual.

La ciencia como experiencia educativa también reconoce el valor del error en el aprendizaje. En la investigación científica, las hipótesis iniciales no siempre se confirman; se revisan o reformulan a la luz de nuevas evidencias. Un aula que adopta esta perspectiva interpreta los errores como oportunidades para profundizar la comprensión. La curiosidad y la exploración intelectual se convierten en componentes legítimos y esenciales del aprendizaje.

Comprender la ciencia como una experiencia educativa transforma el aula de ciencias naturales. La clase abandona el rol de ser un espacio dedicado exclusivamente a transmitir conocimientos. En su lugar, se convierte en un entorno donde los estudiantes exploran, cuestionan y construyen explicaciones sobre el mundo natural. El aprendizaje organizado en torno a preguntas significativas y al análisis de evidencias restaura el propósito esencial de la educación científica: ayudar a los estudiantes a comprender la realidad a través del pensamiento crítico y la indagación.

Integración de la epistemología, la pedagogía y la neuroeducación en la enseñanza de las ciencias naturales

La educación en ciencias naturales exige un análisis desde diferentes perspectivas. Reducirla a una cuestión puramente didáctica o curricular proporciona una visión incompleta. La enseñanza de las ciencias se ubica en la intersección de tres dimensiones: la comprensión epistemológica de la ciencia, las estrategias pedagógicas y los procesos cognitivos de los estudiantes. Abordar estos ejes por separado provoca que la educación científica se fragmente, en contraparte, integrarlas de manera coherente transforma el aula en un espacio donde el conocimiento científico adquiere sentido.

La ciencia no acumula simplemente datos empíricos; construye modelos para interpretar la realidad. Si el conocimiento científico se edifica a través de la modelización, la educación científica debe brindar oportunidades para que los estudiantes desarrollen, comparen y revisen explicaciones de los fenómenos naturales. Aprender ciencias significa comprender cómo se generan las explicaciones del mundo, más que sólo conocer las teorías.

Trasladar esta comprensión al aula no es una tarea sencilla. Las estructuras educativas tradicionales tienden a priorizar la transmisión de contenidos y, aunque este enfoque ha organizado el conocimiento científico en currículos estables, también ha separado la naturaleza investigadora de la ciencia de su presentación educativa. La ciencia a menudo se expone como una colección de afirmaciones establecidas, mientras que los procesos de investigación que produjeron esas ideas permanecen , en gran medida, invisibles.

Esta brecha entre la práctica científica y la ciencia escolar plantea un desafío profundo. No se trata meramente de incorporar actividades experimentales o de modificar los recursos didácticos; un cambio significativo requiere reconsiderar cómo se concibe el propio aprendizaje científico. Un aula organizada exclusivamente en torno a la exposición del docente limita las oportunidades para el desarrollo del razonamiento científico. Los estudiantes pueden aprender definiciones y procedimientos, pero no experimentan el proceso intelectual a través del cual se construye el conocimiento.

La pedagogía juega un papel decisivo para abordar este desafío. Precisamente, las metodologías de aprendizaje activo surgieron como una respuesta a esta tensión. El aprendizaje basado en la indagación y los enfoques de resolución de problemas reorganizan la dinámica del aula al involucrar a los estudiantes en formas de exploración y análisis que se asemejan a la investigación científica. Estas metodologías no pretenden transformar el aula en un laboratorio profesional; más que eso, proporcionan experiencias a través de las cuales los estudiantes son capaces de comprender cómo se construyen las explicaciones científicas.

Sin embargo, los enfoques pedagógicos innovadores pueden perder gran parte de su potencial transformador si no consideran los procesos cognitivos involucrados en el aprendizaje. La neuroeducación demuestra que la construcción de conocimiento significativo depende de cómo se activan la atención, la emoción y la memoria (Dehaene, 2020; Tokuhama, 2018). El aprendizaje científico, lejos de sólo desarrollarse mediante la exposición a nueva información, ocurre a través de experiencias que involucran activamente a los estudiantes en el descubrimiento y la reflexión.

La integración de la epistemología, la pedagogía y la neuroeducación ofrece un marco integral para comprender el aprendizaje científico en el aula. La epistemología muestra que el conocimiento científico se construye mediante la formulación y revisión de modelos explicativos. La pedagogía enfatiza que el aprendizaje requiere estrategias de instrucción que fomenten la exploración de fenómenos y el análisis de evidencias. Por su parte, la neurociencia cognitiva demuestra que estos procesos deben organizarse de manera que apoyen la comprensión conceptual y la consolidación de la memoria. Juntas, estas tres dimensiones aportan coherencia a la educación científica.

Esta perspectiva integrada invita a una reconsideración del rol del docente. Tradicionalmente, los profesores han sido vistos como la principal fuente de conocimiento. No obstante, dentro de una comprensión más compleja del aprendizaje científico, su papel experimenta un cambio significativo.El objetivo deja de centrarse en transmitir informacióny, en su lugar, busca crear condiciones en las que los estudiantes puedan explorar, interpretar y discutir los fenómenos naturales. Esto implica diseñar situaciones que estimulen la curiosidad, guiar la interpretación de los resultados experimentales y facilitar el diálogo intelectual.

Una enseñanza de este tipo, por encima de construirse únicamente sobre métodos o técnicas, precisa de una comprensión profunda de las relaciones entre el conocimiento científico, el aprendizaje humano y la experiencia educativa. Los docentes que establecen conexiones significativas entre estas dimensiones transforman el aula en un espacio donde la ciencia se vive como una forma de pensar e interpretar la realidad.

La dimensión humana del aprendizaje científico adquiere un peso equiparable. La ciencia siempre ha sido impulsada por la curiosidad, el asombro y el deseo de comprender lo desconocido. Estas emociones pueden convertirse en poderosos motores del aprendizaje cuando el aula ofrece preguntas auténticas y desafíos significativos. La curiosidad científica, desprovista de todo automatismo, se cultiva mediante experiencias que animan a los estudiantes a observar el mundo bajo un lente investigador.

La integración de la epistemología, la pedagogía y la neuroeducación facilita la asimilación de la educación de las ciencias naturales como un proceso complejo que abarca múltiples dimensiones del conocimiento humano. La educación científica cuenta con la responsabilidad de ayudar a los estudiantes a desarrollar formas de pensamiento que les permitan interpretar el mundo desde una perspectiva crítica y reflexiva. Cuando estas dimensiones se integran

eficazmente en el aula, la enseñanza de las ciencias se convierte en una experiencia educativa que estimula la curiosidad intelectual y profundiza la comprensión del mundo natural.

El docente como mediador del pensamiento científico

El aprendizaje de las ciencias consiste en promover el desarrollo de formas de pensamiento que permitan a los estudiantes comprender el origen de esas explicaciones. Entonces, ¿cuál es el rol del docente?

Durante mucho tiempo, el profesor ha sido asociado con la transmisión de conocimientos. Las antiguas estructuras curriculares reforzaban esta perspectiva: el docente era considerado el poseedor del saber, mientras que el estudiante asumía un papel mayoritariamente receptivo.Este modelo sigue una lógica que es comprensible. La ciencia es un campo especializado y la transmisión de sus fundamentos requiere organización e instrucción sistemática. Sin embargo, cuando la enseñanza se reduce a explicar conceptos, el aula pierde la dimensión investigadora que caracteriza a la ciencia. Los estudiantes aprenden definiciones, leyes y teorías, pero no desarrollan necesariamente la capacidad de interpretar fenómenos o analizar críticamente la evidencia.

Por lo tanto, el rol del docente es más complejo que la simple transmisión de información. La ciencia se construye a través de la modelización, el debate y la revisión continua de las explicaciones. La educación científica debe brindar oportunidades para que los estudiantes participen en experiencias intelectuales que reflejen esta dinámica. Dentro de este marco, el docente emerge como un mediador del pensamiento científico.

La mediación pedagógica implica crear condiciones que fomenten el desarrollo de procesos de razonamiento asociados con la ciencia. Esto no significa reproducir la práctica científica profesional dentro del aula; más bien, se trata de diseñar situaciones de aprendizaje en las que los estudiantes exploren preguntas, analicen evidencias y discutan interpretaciones. La intervención del docente es esencial: los profesores guían la reflexión, plantean preguntas que profundizan el análisis y ayudan a los estudiantes a conectar las observaciones con los modelos científicos.

Esta perspectiva se alinea estrechamente con el enfoque basado en competencias. Las competencias científicas implican interpretar fenómenos, construir explicaciones basadas en evidencias y evaluar argumentos, habilidades requieren espacios de interacción intelectual. El docente facilita el diálogo y promueve una cultura de la argumentación.

Las metodologías de aprendizaje activo proporcionan herramientas valiosas para implementar este tipo de mediación. El aprendizaje basado en la indagación y el aprendizaje basado en proyectos crean contextos en los que los estudiantes se involucran en el análisis y la reflexión. Sin embargo, estas metodologías alcanzan su potencial transformador sólo cuando los profesores guían el proceso de pensamiento. Sin una mediación eficaz, las actividades pueden convertirse en ejercicios superficiales con un valor educativo limitado.

Al respecto, Fischer et al (2018) la importancia del diálogo argumentativo para el desarrollo del pensamiento científico. Los estudiantes discuten interpretaciones, comparan resultados y justifican explicaciones. Al hacerlo, se involucran en procesos de razonamiento similares a los que se encuentran dentro de las comunidades científicas. Los docentes facilitan estas discusiones, guían la interpretación de las evidencias y apoyan la construcción de explicaciones coherentes.

Desde la perspectiva de la neuroeducación, esta forma de mediación también tiene importantes implicaciones cognitivas. La comprensión conceptual profunda se desarrolla gracias a la participación activa en el análisis y la reflexión (Dehaene, 2020; Tokuhama, 2018). Las preguntas de los profesores, los debates en el aula y la retroalimentación constructiva fortalecen las conexiones cognitivas que sustentan la consolidación del conocimiento.

Asumir el rol del docente desde una perspectiva humanizada permite destacar que su influencia se extiende más allá de la instrucción conceptual. La relación del profesor con el conocimiento científico da forma a la manera en que los propios estudiantes perciben la ciencia, pues un docente que demuestra curiosidad, valora las preguntas , fomenta el análisis crítico y comunica una actitud investigadora. La educación científica transmite diversas formas de pensar, en lugar de simplemente proporcionar información.

Esta dimensión cultural de la mediación es particularmente importante en la era digital. Los estudiantes tienen un acceso sin precedentes a la información científica; sin embargo, interpretar esa información requiere habilidades de pensamiento analítico y crítico. Los docentes guían a los estudiantes para distinguir

la información superficial del conocimiento bien fundamentado y promueven una relación reflexiva con la ciencia.

Entender al docente como un mediador del pensamiento científico significa reconocer que la educación de las ciencias naturales es, fundamentalmente, un proceso humano. La ciencia avanza a través de comunidades de indagación en las que las ideas se discuten, se cuestionan y se revisan colectivamente. Un aula que reproduce esta dinámica de diálogo intelectual permite a los estudiantes experimentar la ciencia como una forma de comprender el mundo.

Bajo esta perspectiva, el docente deja de ser un mero transmisor de contenidos y se convierte en un facilitador de experiencias intelectuales a través de las cuales los estudiantes exploran, interpretan y debaten los fenómenos naturales. En este rol mediador reside uno de los propósitos más profundos de la educación científica: ayudar a los estudiantes a descubrir que la ciencia opera como una forma de pensar y no debe limitarse a ser considerado como algo que se aprende.

La institución educativa como espacio de investigación

A lo largo de este trabajo, se ha defendido una idea central: las escuelas pueden y deben ser espacios donde el conocimiento científico se construya y que no meramente se transmita. Esto no significa equiparar el aula con un laboratorio de investigación profesional; más bien, reconoce que el aprendizaje de las ciencias se vuelve más significativo cuando los estudiantes participan en procesos que se asemejan a la lógica de la indagación científica.

La ciencia se desarrolla a través de la formulación de preguntas, la construcción de modelos explicativos y el contraste de dichos modelos con las evidencias. Este proceso no es lineal: implica revisar ideas, debatir interpretaciones y cuestionar explicaciones. Una enseñanza que ignora esta dimensión y presenta únicamente teorías establecidas pierde uno de los aspectos más fascinantes de la ciencia: su capacidad para generar nuevas preguntas.

La educación puede recuperar esta dimensión investigadora. Un aula organizada en torno a la exploración de fenómenos, el análisis de evidencias y la discusión de explicaciones acerca a los estudiantes a las prácticas científicas auténticas. Las escuelas no necesitan convertirse en centros de investigación; basta con concebir la enseñanza de las ciencias como una oportunidad para cultivar la curiosidad intelectual y la capacidad de interpretar el mundo.

Los modelos educativos tradicionales han enfatizado la transmisión de contenidos y la evaluación de los resultados conceptuales. Si bien este enfoque ha ayudado a organizar el conocimiento científico en currículos estables, también ha limitado la participación activa de los estudiantes. Las actividades experimentales , a menudo, se convierten en demostraciones cuyos resultados ya se conocen de antemano.

Reimaginar la educación como un espacio para la indagación desafía esta lógica. La enseñanza de las ciencias naturales puede estructurarse en torno a preguntas que surgen de las observaciones del entorno o de fenómenos cotidianosy que sean capaces de animar a los estudiantes a examinar la realidad a través de un lente investigador y no únicamente preocuparse por ser altamente complejas. Al observar, comparar resultados y construir explicaciones, los estudiantes llegan a comprender que la ciencia es una forma de interpretar el mundo y no algo que ocurre en los laboratorios.

Esta perspectiva está estrechamente conectada con el desarrollo de competencias científicas, que se extienden más allá de la adquisición de conceptos e implican formular preguntas, analizar información y construir explicaciones basadas en evidencias. Las escuelas pueden fomentar estas habilidades,brindando oportunidades para investigar fenómenos reales. A través de tales experiencias, los estudiantes aprenden que el conocimiento científico se edifica mediante la interpretación de la evidencia.

Las metodologías de aprendizaje activo proporcionan herramientas prácticas para organizar estas vivencias El aprendizaje basado en la indagación, el aprendizaje basado en proyectos y los enfoques de resolución de problemas crean situaciones educativas en las que los estudiantes se involucran en formas de investigación adaptadas al contexto escolar. Estas metodologías generan experiencias intelectuales que sustentan la comprensión de la indagación científica y el desarrollo del pensamiento crítico.

La neuroeducación refuerza aún más el valor de este enfoque. La comprensión conceptual se fortalece mediante la participación activa en la exploración y el análisis (Dehaene, 2020; Tokuhama, 2018). La observación, la experimentación y la discusión de resultados activan sistemas cognitivos asociados con la atención y la memoria, de este modo, apoyan la consolidación del aprendizaje.

Entender la educación como un espacio para la indagación lleva a valorar la curiosidad. La historia de la ciencia demuestra que muchos de los grandes

avances se originaron a partir de preguntas sencillas sobre fenómenos cotidianos. Un aula que explora tales preguntas revela que la ciencia es una forma de pensar que se puede aplicar a la vida diaria y no debe considerarse como un conocimiento distante reservado para especialistas.

Este enfoque también fortalece la relación entre las escuelas y los entornos que las rodean. Los fenómenos naturales locales (como la biodiversidad, el clima, el suelo o la energía) pueden convertirse en objetos de investigación escolar. Conectar las actividades científicas con los contextos inmediatos de los estudiantes dota al aprendizaje de un sentido tangible. Los estudiantes comienzan a percibir la ciencia como una herramienta para comprender su propia realidad.

Dentro de este marco, el docente actúa como un mediador del pensamiento científico. Los profesores guían la exploración, formulan preguntas que profundizan la reflexión y ayudan a los estudiantes a conectar las observaciones con las explicaciones científicas. Esta mediación transforma las experiencias investigativas en el aula en oportunidades para desarrollar la comprensión conceptual.

Concebir la educación como un espacio para la indagación no es sinónimo de abandonar la enseñanza sistemática de los conceptos científicos. Por el contrario, sitúa a esos conceptos dentro de un proceso más amplio de construcción del conocimiento. Las ideas científicas emergen a través del análisis de fenómenos y la discusión de evidencias, por lo cual adquieren un significado que la memorización aislada no puede lograr.

Transformar la educación en un espacio para la indagación significa preparar ciudadanos capaces de interpretar el mundo desde una perspectiva crítica y reflexiva. La ciencia debe comprenderse como una forma de pensar que permite a las personas asimilar la realidad y tomar decisiones informadas y no como una colección de conocimientos especializados. Una escuela que cultiva esta forma de pensar va más allá del aprendizaje de contenidos: se convierte en una experiencia intelectual que anima a los estudiantes a explorar, cuestionar y comprender el mundo natural.

Proyección de la educación científica para el siglo XXI

Concluir esta reflexión sobre la educación de las ciencias naturales significa mirar hacia adelante. ¿Qué tipo de educación científica necesita la sociedad actual? La ciencia impregna múltiples dimensiones de la vida cotidiana, como la salud, el cambio climático, la energía, la biodiversidad y la tecnología. Educar a ciudadanos

capaces de comprender y analizar críticamente la información científica se ha convertido en una necesidad educativa fundamental.

Reconocer la importancia social de la ciencia, sin embargo, no es suficiente. La forma en que se enseña la ciencia sigue siendo objeto de debate. Muchas aulas continúan organizadas en torno a modelos tradicionales centrados en la transmisión de contenidos y en la evaluación de respuestas correctas. Aunque este enfoque estructuró la educación científica durante décadas, también creó una brecha entre la naturaleza dinámica del conocimiento científico y la forma en que este se presenta a los estudiantes.

Esta brecha es metodológica, epistemológica y cultural. El conocimiento científico se construye mediante el desarrollo de modelos y la revisión continua de las explicaciones a la luz de las evidencias. Cuando estas dinámicas se simplifican en exceso en el aula, la ciencia aparece como una colección de respuestas predeterminadas. Tal representación limita la comprensión de los estudiantes sobre la ciencia como una actividad intelectual que está en constante evolución.

Ciertas estructuras educativas han reforzado esta visión reducida. La presión por cubrir currículos extensos, los sistemas de evaluación centrados en la adquisición de contenidos y la arraigada tradición de la instrucción basada en clases magistrales han contribuido a un modelo en el que queda poco tiempo para la exploración y el análisis crítico. Esto plantea una pregunta importante: ¿cómo pueden los educadores equilibrar la transmisión del conocimiento científico esencial con el desarrollo del pensamiento crítico?

La respuesta no radica en una sola estrategia. El enfoque basado en competencias propone el desarrollo de habilidades como interpretar fenómenos, construir argumentos basados en evidencias y tomar decisiones informadas. Estas competencias son especialmente relevantes en un mundo en el que la información científica circula continuamente e influye en las decisiones cotidianas.

Las metodologías de aprendizaje activo ofrecen posibles caminos a seguir. El aprendizaje basado en la indagación, el aprendizaje basado en proyectos y los enfoques de resolución de problemas involucran a los estudiantes en formas de análisis y reflexión que se asemejan a la práctica científica. Por consiguiente, el conocimiento científico deja de ser algo distante y se convierte en una herramienta para comprender los fenómenos del mundo real.

La neuroeducación respalda aún más esta perspectiva. El aprendizaje significativo se construye a través de experiencias que activan la curiosidad, la emoción y el razonamiento (Dehaene, 2020; Tokuhama, 2018). El futuro de la educación científica dependerá de la capacidad de las escuelas para diseñar experiencias de aprendizaje que conecten el conocimiento científico con las formas en que las personas aprenden.

Pensar en la educación científica del siglo XXI también requiere reconocer su dimensión social. La ciencia está estrechamente conectada con desafíos contemporáneos como el cambio climático, la gestión de recursos y el desarrollo tecnológico. La educación de las ciencias naturales puede ayudar a preparar ciudadanos capaces de analizar información compleja y de participar reflexivamente en los debates públicos.

Además, es preciso reconocer que la ciencia es más que una disciplina académica: es una forma de comprender la realidad que forma parte de la experiencia humana. La curiosidad por el mundo natural ha impulsado avances científicos que han transformado a las sociedades a lo largo de la historia. Una educación que transmite esta dimensión cultural convierte al aprendizaje en una oportunidad para explorar algunas de las preguntas más duraderas de la humanidad.

Dentro de este contexto, el rol del docente se vuelve aún más significativo. El profesor actúa como un mediador del pensamiento científico, lo cual facilita espacios donde las ideas se discuten, se revisan y se amplían. Enseñar implica más que explicar contenidos; significa guiar procesos intelectuales a través de los cuales los estudiantes interpretan fenómenos y construyen explicaciones basadas en evidencias. En una era caracterizada por la abundancia de información, esta capacidad de fomentar el pensamiento crítico es particularmente valiosa.

La educación,concebida como un espacio para la indagación,puede cultivar estas capacidades. Los estudiantes que participan en investigaciones científicas escolares llegan a percibir la ciencia como una forma de pensar y de comprender su entorno; desarrollan una relación más reflexiva con el conocimiento científico y sus aplicaciones.

Mirar hacia el futuro no implica abandonar los fundamentos conceptuales de la ciencia. Más bien, significa integrarlos en una visión educativa más amplia. La educación de las ciencias naturales puede contribuir a la formación de individuos capaces de interpretar el mundo críticamente, comprender la complejidad de los fenómenos naturales y participar en el desarrollo de sociedades informadas.

El desafío de la educación científica en el siglo XXI es restaurar el carácter de la ciencia como una aventura intelectual dentro del aula. Una enseñanza que anime a los estudiantes a explorar preguntas, analizar evidencias y debatir interpretaciones transforma a la ciencia en una experiencia de aprendizaje que los invita a comprender el mundo natural con curiosidad, rigor y pensamiento crítico.

Conclusiones

La enseñanza de las ciencias supera la condición de un mero desafío metodológico. Requiere reflexionar sobre la naturaleza del conocimiento científico, la manera en que los estudiantes construyen su comprensión del mundo natural y la función de la educación en el fomento de una ciudadanía crítica.

La ciencia, antes que asumirse como una colección de conocimientos acumulados toma el rol de una forma particular de pensar sobre el mundo. El conocimiento científico se desarrolla a través de la observación, la formulación de preguntas, la construcción de modelos explicativos y el contraste de las ideas con las evidencias, no de la simple repetición de información. La ciencia es una actividad intelectual dinámica en la que las explicaciones se revisan continuamente.

Esta naturaleza dinámica plantea un desafío fundamental. Cuando la ciencia se presenta en el aula únicamente en forma de definiciones, fórmulas o clasificaciones, se impide que los estudiantes comprendan cómo se construyen las explicaciones científicas. La enseñanza puede tener éxito en transmitir información correcta, pero no permite que los estudiantes experimenten los procesos intelectuales a través de los cuales se genera el conocimiento científico. Sin esta experiencia, el verdadero aprendizaje permanece incompleto.

El modelo educativo dominante ha promovido, tradicionalmente,la transmisión de contenidos y las evaluaciones centradas en la reproducción de información. Aunque este enfoque organizó el aprendizaje en estructuras claras, también creó una distancia entre la naturaleza investigadora de la ciencia y su enseñanza. Los estudiantes aprenden conceptos científicos, pero , a menudo, carecen de participación en procesos de exploración e indagación.

Uno de los riesgos de la instrucción centrada en la memorización es que los estudiantes lleguen a percibir la ciencia como un cuerpo cerrado de conocimiento, desconectado de la curiosidad que originalmente impulsó su desarrollo. Como resultado, la educación científica pierde su potencial para inspirar interés por la comprensión del mundo natural.

Replantear la educación de las ciencias naturales requiere reconsiderar el propósito del aprendizaje científico. El objetivo se basa en que los estudiantes adquieran principios básicos de biología, física o química y que, al mismo tiempo, desarrollen la capacidad de interpretar fenómenos naturales, analizar información científica y construir explicaciones basadas en evidencias. El enfoque basado en competencias enfatiza que la educación científica debe fomentar la argumentación, la interpretación de evidencias y el pensamiento crítico.

El desarrollo de estas competencias requiere experiencias educativas en las que los estudiantes participen efectivamente en la exploración de los fenómenos naturales, ya que es imposible que pueda lograrse únicamente mediante la exposición a contenidos conceptuales. Las metodologías de aprendizaje activo, como el aprendizaje basado en la indagación, el aprendizaje basado en proyectos y los enfoques de resolución de problemas, reorganizan la dinámica del aula para que el conocimiento científico se construya mediante la interacción con la realidad.

Los estudiantes observan un fenómeno, formulan hipótesis, realizan experimentos y discuten posibles explicaciones, lo que otorga al aprendizaje una dimensión diferente. La ciencia abandona su condición de disciplina que simplemente se escucha o se memoriza,para convertirse en una experiencia de exploración intelectual. Este proceso promueve la comprensión conceptual a la par que desarrolla habilidades relacionadas con la investigación y la argumentación.

La neuroeducación proporciona una perspectiva complementaria. La comprensión conceptual profunda se fortalece cuando los estudiantes se involucran activamente en el análisis, la reflexión y la discusión. La curiosidad, la sorpresa y el interés activan procesos cognitivos que sustentan un aprendizaje duradero. Estimular la curiosidad científica, por encima de figurar como una simple estrategia motivacional, se posiciona como un componente esencial del aprendizaje mismo.

La curiosidad está estrechamente conectada con las experiencias directas con el entorno natural. El contacto con la naturaleza, la observación de ecosistemas y la exploración de fenómenos ambientales brindan oportunidades para comprender los procesos naturales. La educación científica posee también una dimensión ética y social ligada a los desafíos ambientales contemporáneos.

Educar a ciudadanos capaces de comprender problemas como el cambio climático, la pérdida de biodiversidad y el uso sostenible de los recursos requiere una educación científica que conecte el conocimiento con la realidad. Cuando los estudiantes comprenden los fenómenos naturales presentes en su propio entorno, la ciencia deja de ser un conocimiento abstracto para consolidarse como una herramienta orientada a interpretar el mundo y tomar decisiones responsables.

Dentro de este marco, el docente asume un papel fundamental. Los profesores, por encima de la sola transmisión de información, actúan como mediadores del pensamiento científico. Crean situaciones de aprendizaje que estimulan la curiosidad, guían la exploración y ayudan a los estudiantes a conectar las observaciones con los modelos científicos. La mediación pedagógica implica acompañar a los estudiantes a lo largo de todo el proceso de construcción del conocimiento. Reconoce que las ideas previas forman parte del aprendizaje y que la comprensión científica se desarrolla gradualmente a través del diálogo, la reflexión y el análisis de evidencias. Los docentes que crean entornos donde se valoran las preguntas transforman el aula en un espacio donde el conocimiento científico cobra vida.

Las instituciones educativas pueden convertirse en lugares donde los estudiantes experimenten lo que significa investigar. El objetivo, en vez de sólo centrarse en replicar la investigación científica profesional, busca brindar oportunidades para desarrollar una actitud investigadora. Un estudiante que observa un fenómeno, busca explicaciones, compara ideas y formula nuevas preguntas desarrolla una forma de pensar que se asemeja al razonamiento científico.

El propósito más profundo de la educación científica es fomentar esta actitud investigadora. Formar jóvenes científicos prescinde de la pretensión de preparar a cada estudiante para que se convierta en un investigador profesional; asume el cometido de ayudarlos a desarrollar la capacidad de observar el mundo con curiosidad, analizar la información de manera crítica y comprender la complejidad de los fenómenos naturales.

El siglo XXI presenta nuevos desafíos. El acceso a la información científica se ha expandido drásticamente. Esta abundancia de información requiere que las personas desarrollen las habilidades necesarias para interpretarla críticamente. En una sociedad donde los datos y las opiniones científicas circulan constantemente, la capacidad de analizar evidencias y distinguir la información bien fundamentada de las afirmaciones sin sustento se vuelve cada vez más importante.

Las instituciones educativas desempeñan un papel crucial en este contexto. En lugar de limitarse a transmitir hechos que pueden encontrarse fácilmente en otros lugares, la educación científica puede preparar a las personas para comprender el conocimiento científico y participar activamente en los debates que afectan a la sociedad.

Replantear la educación de las ciencias naturales conlleva el reconocimiento de que que el aprendizaje científico supera el dominio de los contenidos conceptuales. Implica cultivar una forma de pensar que permita a las personas comprender la realidad con curiosidad, rigor y sensibilidad hacia el entorno natural. Una enseñanza que despierta este interés transforma a la ciencia en una herramienta intelectual para interpretar la vida cotidiana.

El mayor valor de la educación científica reside en su capacidad para inspirar el deseo de comprender. Los estudiantes descubren que la ciencia no consiste simplemente en memorizar conceptos; se consagra a la exploración de preguntas y a la construcción de explicaciones sobre el mundo. Cuando la curiosidad se convierte en el motor del conocimiento, la educación de las ciencias naturales encuentra su propósito más profundo.

Referencias

Black, P., & Wiliam, D. (2018). Classroom assessment and pedagogy. *Assessment in education: principles, policy & practice, 25*(6), 551-575. https://doi.org/10.1080/0969594X.2018.1441807

Chiu, M. H., & Lin, J.W. (2019). Modeling competence in science education. *Disciplinary and interdisciplinary science education research, 1(1), 1-11.* https://doi.org/10.1186/s43031-019-0012-y

Dehaene, S. (2020). *How we learn: why brains learn better than any machine… for now.* Penguin random house. https://www.penguinrandomhouse.com/books/579922/how-we-learn-by-stanislas-dehaene/

Erduran, S., & Jiménez Aleixandre, M. P. (Eds.). (2018). *Routledge handbook of research in science education.* Routledge.

Fischer, F., Chinn, C. A., Engelmann, K., & Osborne, J. (Eds.). (2018). *Scientific reasoning and argumentation: the roles of domain-Specific and domain-General* Knowledge. Routledge. https://doi.org/10.4324/9780203731826

Hattie, J., & Clarke, S. (2019). *Visible learning: feedback*. Routledge.

Immordino, M. H. (2015). *Emotions, learning, and the brain: exploring the educational implications of affective neuroscience.* W. W. Norton.

Immordino, M. H., & Damasio, A. (2007). We feel, therefore we learn: the relevance of affective and social neuroscience to education. *Mind, brain and education, 1*(1), 3-10. https://doi.org/10.1111/j.1751-228X.2007.00004.x

Lederman, N. G. (2019). Contextualizing the relationship between nature of scientific knowledge and scientific inquiry. *Science & education, 28*(3), 249-267. https://doi.org/10.1007/s11191-019-00030-8

Margolin, J., Pinerua, I., & Gerdeman, D. (2022). *Modeling in science education: a synthesis of recent discovery research PreK-12 projects.* American institutes for research. https://www.air.org/sites/default/files/2022-05/Modeling-in-Scientific-Education-Synthesis-April-2022.pdf

Ministerio de Educación, Deporte y Cultura. (2025). Currículo vigente. Minedec. https://educacion.gob.ec/curriculo-priorizado/

National Academies of Sciences, Engineering and Medicine. (2019). *Science and engineering for grades 6-12: Investigation and design at the center.* The National Academies Press. https://doi.org/10.17226/25216

Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. (2017). *Educación para los objetivos de desarrollo sostenible: objetivos de aprendizaje*. Unesco https://doi.org/10.54675/CGBA9153

Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. (2020). *Educación para el desarrollo sostenible: hoja de ruta. Unesco* https://doi.org/10.54675/YFRE1448

Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico. (2019). *PISA 2018 assessment and analytical framework.* OCDE. https://doi.org/10.1787/b25efab8-en

Osborne, J. (2014). Scientific practices and inquiry in the science classroom. En N. Lederman & S. Abell (Eds.), *Handbook of research on science education*. education (pp. 574-595). Routledge. https://www.taylorfrancis.com/chapters/edit/10.4324/9780203097267-34/scientific-practices-inquiry-science-classroom-jonathan-osborne

Peters, M. (2017). *Encyclopedia of educational philosophy and theory.* Springer Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-287-588-4

Pozo, J. I., & Gómez, M. A. (2013). *Aprender y enseñar ciencia: del conocimiento cotidiano al conocimiento científico.* Morata. https://edmorata.es/producto/aprender-y-ensenar-ciencia/

Strat, T. T., 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.

Tokuhama, T. (2018). *Neuromyths: debunking false ideas about the brain.* W. W. Norton & Company. https://doi.org/10.1080/03057267.2023.2207148

Vosniadou, S. (2019). The development of students' understanding of science. *Frontiers in Education, 4,* 1-6. https://doi.org/10.3389/feduc.2019.00032

Enseñar ciencias naturales es más que explicar conceptos o ver qué tanto recuerdan los estudiantes. La enseñanza es realmente útil cuando hace que los niños y jóvenes se hagan preguntas y observen lo que pasa a su alrededor. De esta manera, pueden probar ideas, comparar explicaciones y aprender a respaldar sus respuestas con evidencias.

Didáctica transformadora de las Ciencias Naturales: Fundamentos y métodos para una enseñanza innovadora se basa en esta forma de entender la educación científica. El libro analiza las prácticas de enseñanza actuales, que , a menudo, se centran en transmitir contenidos, y propone nuevas formas de trabajar con la ciencia en el aula. Estas nuevas formas incluyen una mayor participación de los estudiantes y una conexión más estrecha entre lo que se aprende, lo que se observa y lo que se experimenta.

Los capítulos del libro tratan sobre la epistemología de la ciencia, el desarrollo de competencias, la evaluación formativa, las metodologías activas, la neuroeducación y la sostenibilidad. Todos estos temas están relacionados con la idea de experiencias de diseño que permitan a los estudiantes comprender la ciencia y aprender a pensar de manera científica. La discusión no se centra en cuántas estrategias nuevas puede usar un docente, sino en las decisiones que toma al enseñar y en las oportunidades que brinda a los estudiantes para investigar, cuestionar y construir sus propias explicaciones.

La idea principal del libro es que la ciencia debe ser vivida en el aula. Esto significa observar, manipular materiales, salir al entorno, cometer errores, revisar explicaciones y hacer nuevas preguntas. Aprender ciencias también implica descubrir que una respuesta bien construida a menudo lleva a una nueva pregunta.

Paúl Dután

ISBN 978-9942-625-83-0