

El sentido formativo de la evaluación en Ciencias Naturales en la educación secundaria: aportes desde la teoría de Philippe Perrenoud

The formative meaning of assessment in Natural Sciences in secondary education: contributions from Philippe Perrenoud's theory

Yeny Liliana Gamba Mateus¹ 

¹Yeny Liliana Gamba Mateu. Correo. Universidad de Panamá

DOI:
<https://doi.org/10.67461/scientific.v1n2.31>

Correo del autor:
¹yenyili0306@gmail.com

Fecha de recepción:
5/7/2025
Fecha de aceptación:
18/10/2025
Fecha de publicación:
01/07/2026

Resumen

El propósito de este estudio es reconocer el sentido formativo de la evaluación en el área de Ciencias Naturales desde la perspectiva teórica de Philippe Perrenoud. Para ello, resulta fundamental identificar los enfoques centrales de su concepción sobre la evaluación formativa, con el fin de analizar cómo pueden aplicarse en los procesos de enseñanza y aprendizaje de las Ciencias Naturales, favoreciendo el desarrollo del pensamiento crítico y el espíritu investigativo en los estudiantes. En cuanto a la metodología, se llevó a cabo una revisión de literatura sustentada en el método PRISMA, que incluyó un total de 35 artículos seleccionados de bases de datos académicas reconocidas, tales como Scopus, Redalyc, ProQuest y ERIC. Los resultados evidencian que el aprendizaje en Ciencias Naturales se enriquece significativamente cuando se incorporan los principios de la evaluación formativa propuestos por Perrenoud. En particular, se destaca la importancia del acompañamiento continuo al estudiante, la regulación de los procesos de aprendizaje y la reflexión sobre el error como oportunidad de mejora. En conclusión, se considera esencial fortalecer los procesos de formación docente y promover la construcción de espacios de diálogo pedagógico que favorezcan la retroalimentación permanente y la regulación continua del aprendizaje, entendidas como dimensiones transversales e integradoras del programa de Ciencias Naturales.

Palabras clave: Ciencias Naturales, evaluación formativa, regulación, retroalimentación, pensamiento crítico.

Citar Como: El sentido formativo de la evaluación en Ciencias Naturales en la educación secundaria: aportes desde la teoría de Philippe Perrenoud. (s. f.). Scientific Journal T&E, 1(2). Recuperado 9 de junio de 2026, de <https://journals.uted.us/ojs/index.php/scientific/article/view/31>



This work is licensed under Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License

Abstract

The purpose of this study is to recognize the formative meaning of assessment in the field of Natural Sciences from the theoretical perspective of Philippe Perrenoud. To this end, it is essential to identify the central approaches of his conception of formative assessment in order to analyze how they can be applied to teaching and learning processes in Natural Sciences, fostering the development of critical thinking and an investigative spirit among students. Regarding the methodology, a literature review was conducted based on the PRISMA method, including a total of 35 articles selected from recognized academic databases such as Scopus, Redalyc, ProQuest, and ERIC. The results show that learning in Natural Sciences can be significantly enriched when the principles of formative assessment proposed by Perrenoud are implemented. In particular, the importance of continuous student support, regulation of learning processes, and reflection on errors as opportunities for improvement is highlighted. In conclusion, it is essential to strengthen teacher training processes and promote the construction of pedagogical dialogue spaces that encourage ongoing feedback and continuous regulation of learning, understood as transversal and integrative dimensions of the Natural Sciences curriculum.

Keywords: Natural Sciences, formative assessment, regulation, feedback, critical thinking.

Introducción

La pregunta que guía el desarrollo del artículo es: ¿Cuál es el sentido formativo de la evaluación en Ciencias Naturales desde la mirada de Philippe Perrenoud? Esa pregunta se orienta teniendo en cuenta que la educación debe avanzar en la formación de estudiantes cada vez más preparados para asumir los retos del siglo XXI. La educación secundaria abarca desde los primeros años posteriores a la primaria hasta los grados previos a la educación media o preparatoria. Integra a estudiantes que de aproximadamente los 12 hasta los 16 años de edad, etapa en la que se consolidan las bases del pensamiento abstracto, la autonomía en el aprendizaje y la construcción de la identidad personal y social. La educación secundaria se desarrolla en todos los países de Iberoamérica como una etapa clave dentro de los sistemas educativos, orientada a garantizar la continuidad del proceso formativo y a fortalecer las competencias científicas, comunicativas y ciudadanas.

En esta etapa educativa, se requieren enfoques centrados no en la acumulación de aprendizajes, sino más bien en el desarrollo de competencias que les permitan evaluar los problemas que suceden en el entorno, con el fin de avanzar en la construcción de soluciones educativas. Por tanto, la evaluación no puede restringirse a una práctica punitiva o meramente clasificatoria (Yaroshenko et al., 2024).

Por el contrario, la evaluación debe centrarse en el proceso de cada estudiante, con el fin de identificar fortalezas y potencialidades que se

puedan concretar y aplicar en el desarrollo de un pensamiento contextualizado y situado (Ganajová et al., 2021). Especialmente, en el área de Ciencias Naturales, es clave que las prácticas evaluativas en el aula apoyen a los estudiantes en un proceso de aprendizaje que les permita mejorar aspectos como la exploración, la indagación y el relacionamiento con el entorno para reconocer e identificar problemas, el pensamiento crítico y la argumentación basada en evidencias.

En este contexto, la evaluación formativa se configura como una herramienta pedagógica que permite identificar avances, dificultades y necesidades específicas de los estudiantes, todo ello desde perspectivas situadas y en tiempo real (Riveros, 2020). Sin embargo, la aplicación de procesos de evaluación formativa en el área de las Ciencias Naturales no está exenta de dificultades, ya que implica, por ejemplo, superar resistencias al cambio (Espinoza, 2022); además de establecer estrategias de adaptación que no pueden ser unidireccionales (del docente al estudiante), sino que por el contrario deben partir de ejercicios colaborativos y participativos en los cuales se pongan en diálogo las ideas y percepciones sobre el proceso evaluativo (Stanja et al., 2022).

Además, la evaluación formativa implica también el desarrollo de cambios en las relaciones que se generan entre los miembros de una comunidad educativa (Dini et al., 2020). El docente deja de ser el juez que asigna calificaciones, y se convierte más bien en un mediador del aprendizaje que acompaña y retroalimenta continuamente a sus estudiantes (Rendón y Monroy, 2023).

Siguiendo las apreciaciones de Ugwumaduka y Ogunyemi (2021), el uso de la evaluación formativa no solo genera cambios

importantes en la forma de enseñar, sino también en la orientación y fortalecimiento de una cultura de aprendizaje más reflexiva, crítica y comprometida con el desarrollo integral del estudiante. Implementar una evaluación formativa en Ciencias Naturales, por tanto, va más allá de usar guías e instrumentos que le permitan autoevaluarse, e implica retroalimentar al estudiante no solo al final del curso, sino a lo largo de todo el proceso de enseñanza (Babincáková et al., 2020).

Sin embargo, en muchas escuelas no se aplica una verdadera evaluación formativa porque no se integra realmente a la cultura educativa (Molina et al. 2022); no se conecta con enfoques participativos de construcción del conocimiento (Leiton et al., 2024); no se usa verdaderamente como una herramienta de cambio que promueve la autonomía del estudiante (Ortega y Gil, 2020), y que le permita hacerse responsable de sus procesos de aprendizaje por medio del autoconocimiento. Lo anterior es fundamental, explica Bastidas (2025), teniendo en cuenta que la evaluación se ve afectada por dinámicas particulares que ocurren en las sociedades y que alteran los procesos y medios comunicativos entre docentes y estudiantes, debido por ejemplo al desarrollo de la pandemia del 2020, que obligó a generar nuevos enfoques evaluativos.

Superar estas dificultades y limitaciones implica, principalmente, centrarse en la teoría, para desde allí orientar el diseño de estrategias y recomendaciones que les permitan a los docentes reconocer elementos esenciales que pueden ayudarles a promover una verdadera evaluación formativa. Se destaca en el presente artículo la teoría de Philippe Perrenoud, sociólogo y pedagogo suizo, quien se ha establecido como uno de los teóricos más influyentes en la resignificación de la evaluación dentro del proceso de enseñanza-aprendizaje.

La propuesta de Perrenoud (1991) se fundamenta en la idea de que evaluar es regular. Esto quiere decir que lo más importante no es generar esquemas de constatación del aprendizaje, sino más bien comprender cómo el estudiante aprende, cuáles son los obstáculos que enfrenta en el proceso, y cómo el docente puede intervenir para favorecer una progresión auténtica del conocimiento. Desde la perspectiva de Perrenoud (2006), por tanto, la evaluación se comprende como una práctica formativa, ética y reflexiva.

Este artículo, por tanto, parte de reconocer la importancia de la teoría de Perrenoud como eje

que articula los principios de la evaluación formativa y los objetivos de aprendizaje en el área de Ciencias Naturales. Se busca destacar cómo la implementación de estrategias evaluativas centradas en el proceso y en la retroalimentación (Soto y Soto, 2024) puede contribuir a la construcción significativa del conocimiento científico, promoviendo aprendizajes que les permitan a los estudiantes desarrollar nuevas interpretaciones sobre el mundo, centrándose en la solución de problemas como el eje principal de los procesos del conocimiento.

Para el desarrollo de la pregunta planteada, en primer lugar, se analizan cuáles son los componentes centrales en la teoría de Perrenoud sobre la evaluación formativa. En segundo lugar, se reconoce cómo se pueden aplicar sus principios en la evaluación de las Ciencias Naturales. Finalmente, se presentan estrategias y recomendaciones para superar las problemáticas que se presentan comúnmente al aplicar la evaluación formativa en el caso de las Ciencias Naturales, siguiendo para ello los enfoques de la teoría planteada por el autor.

En cuanto a los aportes e implicaciones, se puede decir que este artículo ayuda a visibilizar la relevancia de la teoría de Perrenoud en la discusión actual sobre la evaluación en el área de Ciencias Naturales, particularmente en escenarios donde aún prevalece una visión punitiva y clasificatoria de la práctica evaluativa. A nivel pedagógico, por otro lado, se presentan criterios conceptuales y prácticos que permiten a los docentes reorientar sus estrategias de aula hacia enfoques más formativos, reflexivos y participativos, en los cuales los estudiantes asumen un papel activo en la construcción de sus aprendizajes.

En este marco, el presente artículo invita al lector a reflexionar a partir de tres preguntas orientadoras que anticipan los contenidos del manuscrito:

1. ¿Qué fundamentos teóricos propone Philippe Perrenoud para comprender la evaluación como un proceso formativo, ético y regulador del aprendizaje?
2. ¿De qué manera pueden aplicarse estos principios en la enseñanza y evaluación de las Ciencias Naturales en la educación secundaria?
3. ¿Qué estrategias pedagógicas y evaluativas pueden favorecer la construcción de una cultura escolar basada en la reflexión, la retroalimentación continua y el pensamiento crítico?

Metodología

Se desarrolla una revisión de literatura, la cual se enfoca en seleccionar un conjunto de artículos para responder a los objetivos previamente planteados. Para este caso, se realizó la búsqueda en cuatro bases de

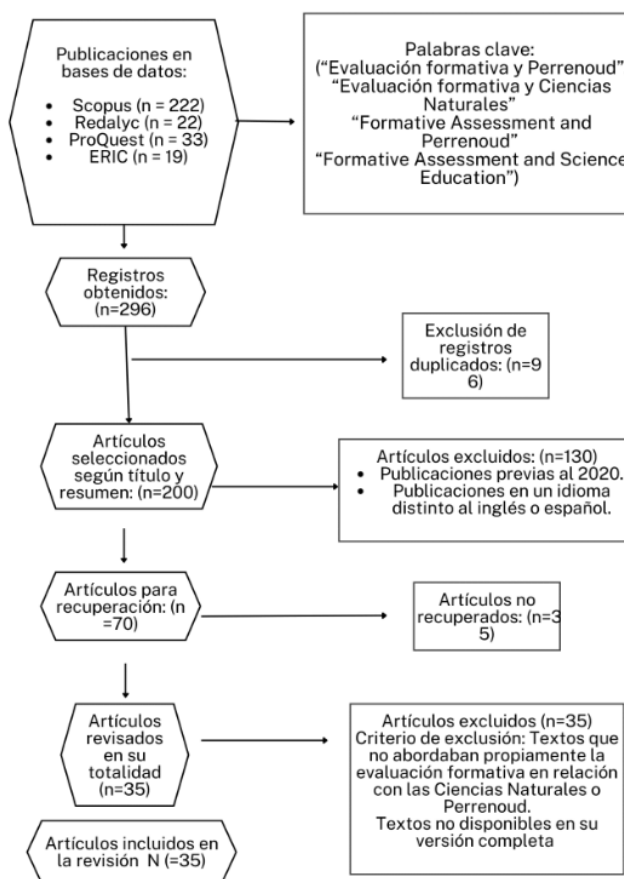
datos, destacadas por integrar diversos artículos en el campo de la educación. Dichas bases de datos fueron: Scopus, Redalyc, ProQuest y ERIC. Se usaron como términos de búsqueda o palabras clave las siguientes:

- “Evaluación formativa y Perrenoud”.
- “Evaluación formativa y Ciencias Naturales”
- “Formative Assessment and Perrenoud”
- “Formative Assessment and Science Education”.

Como criterios de inclusión se tuvieron en cuenta que los artículos fueran publicados entre el 2020 y el 2025, con el fin de contar con análisis actuales que consideren los desafíos y retos que se presentan en la educación y en los procesos evaluativos, integrando las últimas tendencias asociadas por ejemplo con el uso de las TIC y las problemáticas generadas después de la pandemia. También se tuvo en cuenta que los artículos estuvieran disponibles para descarga del texto completo, y que estuvieran escritos en inglés y español. Por tanto, se descartaron artículos publicados con fecha anterior al 2020, en idiomas distintos al inglés y al español, y artículos que no abordaran el tema de la evaluación formativa en relación a al menos una de las dos variables clave: la teoría de Perrenoud y la enseñanza y aprendizaje de las Ciencias Naturales.

Teniendo en cuenta los criterios de inclusión y exclusión previamente descritos, se desarrolló un proceso de filtrado, siguiendo para ello la Guía PRISMA, que permite seleccionar únicamente aquellos artículos o documentos que en realidad aporten a la investigación y permitan generar nuevos conocimientos sobre los temas planteados. En particular, la metodología PRISMA se seleccionó ya que ofrece un enfoque práctico, para incluir en la revisión únicamente aquellos artículos que en realidad pueden aportar a la discusión y pueden además mejorar la comprensión de los temas que se plantean. A continuación, en la Figura 1, se presentan los resultados de la revisión:

Figura1.
Diagrama de flujo PRISMA

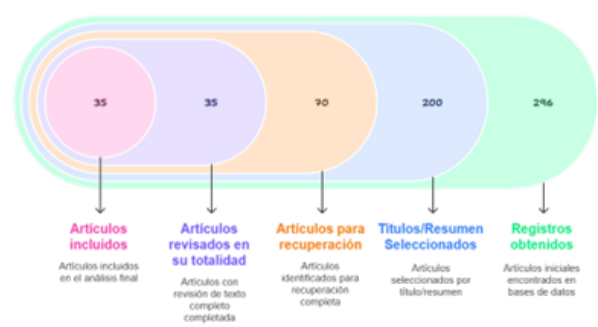


Nota. Esta figura permite reconocer el proceso de cribado que se desarrolló en la revisión de literatura, teniendo en cuenta para ello los principios del método PRISMA. Para la identificación y selección de los estudios, se realizó una búsqueda sistemática en las bases de datos Scopus (n = 322), Redalyc (n = 22), ProQuest (n = 33) y ERIC (n = 19) utilizando las palabras clave: “Evaluación formativa y Perrenoud”, “Evaluación formativa y Ciencias Naturales”, “Formative Assessment and Perrenoud” y “Formative Assessment and Science Education”. La búsqueda inicial arrojó un total de 396 registros, de los cuales se eliminaron 96 duplicados, quedando 296 artículos únicos. Posteriormente, se realizó una selección preliminar a partir de títulos y resúmenes, reteniéndose 200 artículos. Se excluyeron 130 publicaciones por ser anteriores al año 2020, estar escritas en un idioma distinto del inglés o el español.

De los 70 artículos que cumplieron con los criterios de elegibilidad, 35 no pudieron recuperarse en texto completo, por lo que únicamente 35 artículos fueron revisados en su totalidad. Esto quiere decir que, de los 70 inicialmente elegibles, 35 se incluyeron en la revisión final y otros 35 fueron excluidos debido a la imposibilidad de acceder al texto completo, lo cual constituye la razón principal de exclusión en esta

etapa. Además, se excluyeron textos en los cuales no se abordaba específicamente la evaluación formativa en relación con las Ciencias Naturales o con los planteamientos de Perrenoud. Los 35 estudios cumplieron con los criterios de inclusión y fueron incorporados en la revisión sistemática. La Figura 2 detalla el proceso para entender cómo se fueron filtrando los artículos seleccionados:

Figura2.
Selección de los artículos



Nota. La figura permite reconocer cómo se fueron filtrando los artículos en la base de datos, pasando de 296 a 35.

En total, fueron seleccionados 35 artículos, los cuales fueron leídos para ir construyendo el diálogo y análisis. A continuación, se presentan los 35 artículos en una tabla con categorías temáticas:

Tabla 1.
Artículos y categorías usadas en la revisión

Categoría temática	Autor(es)	Título
Evaluación formativa y retroalimentación	Babincáková et al. (2020)	Influence of formative assessment classroom techniques (FACTs) on students' outcomes in chemistry
	Cruzado (2022)	La evaluación formativa en la educación
	Dini et al. (2020)	Characterizing the formative assessment enactment of experienced science teachers
	Bastidas (2025).	Impact of ICT in educational evaluation before, during and after the pandemic.
	Ganajová et al. (2021)	Formative assessment as a tool to enhance the development of inquiry skills in science education
	Hopfenbeck et al. (2023)	Challenges and opportunities for classroom-based formative assessment and AI
	Kiektik (2021)	De la evaluación tradicional a la evaluación formativa en términos de discurso
	Kruiper et al. (2022)	Using scaffolding strategies to improve formative assessment practice in higher education
	Leyva & Espinoza (2021)	Características de la evaluación educativa en el proceso de aprendizaje
	Martínez et al. (2024)	La evaluación como herramienta en el proceso enseñanza-aprendizaje
	Molina et al. (2022)	Evaluación formativa y compartida en la docencia universitaria
	Nguyen Hoang Tien et al. (2021)	The role of formative assessment in business

		education in Vietnam
	Nor & Wider (2023)	Positive impact of formative assessment on science subject learning
	Orellana et al. (2025)	Evaluación formativa para mejorar la práctica pedagógica en Perú
	Ortega & Gil (2020)	Evaluación formativa y competencias en ciencia y tecnología
	Ramos Martínez & Rueda Beltrán (2020)	Rasgos distintivos de las evaluaciones formativas para el desempeño docente
	Rendón Padilla & Monroy (2023)	La retroalimentación como elemento esencial de la evaluación formativa
	Rosario-Carela (2022)	Evaluación de los aprendizajes por competencias en Ciencias Naturales
	Stanja et al. (2022)	Formative assessment strategies for students' conceptions—Learning analytics
	Ugwumaduka & Ogunyemi (2021)	Formative assessment, feedback, remediation and achievement
	Yaroshenko et al. (2024)	Formative assessment as a factor in modernizing natural science teaching
	Zhu et al. (2020)	Automated feedback on revision behavior in formative assessment
Estrategias didácticas y metodológicas en Ciencias Naturales	Albarracín (2022)	Secuencias didácticas como estrategia pedagógica en Ciencias Naturales
	Fernández & Cevallos (2022)	Estrategia didáctica para aprendizaje significativo en Ciencias Naturales
	Hernández et al. (2020)	El entorno natural como espacio de aprendizaje en la escuela rural
	Hernández-Suárez et al. (2021)	Planeación curricular y ambiente de aula en Ciencias Naturales
	Leiton et al. (2024)	Estrategia metodológica para mejorar el rendimiento académico en Ciencias Naturales
	Ramírez (2023)	El papel de la experimentación en la enseñanza de Ciencias Naturales
	Riveros (2020)	La enseñanza de las Ciencias Naturales en la educación básica
	Varela de Moya et al. (2021)	Aprendizaje basado en problemas en la enseñanza de Ciencias Naturales
Tecnologías, IA y herramientas digitales en evaluación	Çekiç & Bakla (2021)	Review of digital formative assessment tools
	Stanja et al. (2022)	Learning analytics en estrategias de evaluación formativa
	Hopfenbeck et al. (2023)	Formative assessment y AI
	Zhu et al. (2020)	Automated feedback en la escritura científica
Políticas educativas, currículo y enfoques críticos	Camargo-Torres et al. (2023)	Evaluación educativa y motivación escolar
	Demarchi (2020)	La evaluación desde pruebas estandarizadas en Latinoamérica
	Espinoza (2022)	La evaluación de los aprendizajes
	Soto Vélez & Soto Licon (2024)	Visiones actuales de la educación dialógica

Nota. Esta tabla permite tener una visión esquemática de los artículos, relacionándolos con las categorías temáticas.

Siguiendo las directrices del método PRISMA, se realizó un análisis descriptivo de las características de los estudios incluidos, identificando los países, instituciones, autores y fuentes editoriales de los 35 artículos analizados. Los resultados muestran gran diversidad geográfica, con publicaciones provenientes de países como España (7), Estados Unidos (7), Reino Unido (6), México (4) y Colombia (3) entre otros.

Las instituciones con mayor presencia correspondiente a universidades con tradición en investigación educativa, entre ellas: la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), la Pontificia Universidad Católica del Perú, la Universidad de São Paulo (Brasil), la Universidad de Antioquia (Colombia), la Charles University (Eslovaquia) y la Universidad de Oxford (Reino Unido). En cuanto a los autores más citados dentro de los artículos revisados, destacan Philippe Perrenoud, Black & Wiliam, Stiggins, Hattie, Brookhart y Shepard, quienes constituyen referentes conceptuales fundamentales para la comprensión de la evaluación formativa.

En relación a las revistas y editoriales, los estudios se publicaron principalmente en Scopus Journals y Revistas Iberoamericanas de Educación, destacándose títulos como Teaching and Teacher Education, Journal of Science Education, Revista Electrónica de Investigación Educativa y Formación Universitaria. En promedio, los artículos contaban con entre 26 y 60 citas, lo cual respalda la relevancia académica de las fuentes.

Desarrollo y discusión

Este apartado de desarrollo y discusión se articula a través de tres apartados:

- Fundamentos de la evaluación formativa en la teoría de Philippe Perrenoud.
- Aplicación de los principios de la evaluación formativa en Ciencias Naturales.
- Retos y estrategias para implementar la evaluación formativa en Ciencias Naturales.

En el desarrollo de cada uno se integran los hallazgos que fueron obtenidos en la revisión de literatura, para ir orientando una discusión y un análisis que permita entender cómo la enseñanza y el aprendizaje de las Ciencias Naturales puede mejorarse en las escuelas al aplicar los enfoques y

principios de la teoría asociada con la evaluación formativa de Perrenoud.

Fundamentos de la evaluación formativa en la teoría de Philippe Perrenoud

En esta parte inicial del artículo se analizan los componentes centrales de la evaluación formativa según Perrenoud, planteando un enfoque centrado en su carácter regulador, su vínculo con el aprendizaje, la retroalimentación continua, la autorregulación y el papel del docente como mediador. Para empezar, es preciso tener en cuenta que para Perrenoud (1991) el principal enfoque desde el cual se comprende al proceso evaluativo es su capacidad de regular el aprendizaje, es decir, su capacidad de orientar, ajustar y mejorar los procesos de enseñanza y aprendizaje.

Asimismo, para promover el desarrollo de la regulación, Perrenoud (1991) reconoce la importancia de observar de manera continua el progreso de los estudiantes, de identificar las dificultades que enfrentan en el proceso, y sobre todo, de tomar decisiones consensuadas sobre los enfoques y procesos de cambio que se deben adaptar. Este enfoque de comunicación consensuada es esencial en la regulación, explica Perrenoud (2004), ya que le permite a los actores del proceso evaluativo reconocer problemáticas y articular escenarios en los cuales dichas dificultades puedan resolverse o evitarse, por medio de un compromiso continuo y de una construcción continua de herramientas concretas y de actividades sencillas que se van complejizando con el tiempo. De esta forma, a través de la acción continua es posible mejorar las situaciones que se afrontan en el aula de clase.

La retroalimentación, explican Dini et al. (2020), es esencial no solo porque el estudiante puede contar con información actualizada sobre su proceso de aprendizaje, sino también porque le ayuda a definir procesos y estrategias de cambio, y a entender cómo puede conseguir cambios a partir de los recursos que tiene disponibles. Sobre todo, le ayuda a mejorar sus hábitos de estudio, fortalecer su autonomía, potenciar su participación. Así, la retroalimentación que se genera como enfoque esencial en la regulación, por tanto, no debe ser correctiva, sino formativa, es decir, centrada en las modificaciones del proceso más que en los resultados finales (Espinoza, 2020).

Y en medio de estos procesos por medio de los cuales se construyen conocimientos a través del diálogo, se comparten ideas, se comunican resultados, se genera lo que Perrenoud (2006) reconoce como la autorregulación del aprendizaje. Se entiende como la capacidad del estudiante para evaluar su propio desempeño, pero no de una manera pasiva sino de una forma propositiva, que le permite plantearse metas, ajustar las estrategias que usa comúnmente para estudiar, entendiendo su progreso no como algo lineal y continuo, sino más bien como un camino de altas y

bajas que es preciso interiorizar para desarrollar estrategias de mejora (Demarchi, 2020).

Para que se generen buenos procesos de retroalimentación en el aula de clase, es preciso cumplir con dos requisitos esenciales: el primero es que se pueda comprender cómo funcionan los estudiantes, cómo operan ante diversos estímulos, cómo incorporan elementos ajenos en sus propios modelos de pensamiento, y cómo los integran en la transformación de sus hábitos de estudio. El segundo es que la retroalimentación debe ser continua, y no debe considerarse como un paso final del proceso, con el fin de implementar actividades remediales cuando ya se le ha dado una calificación al estudiante. Por el contrario, la retroalimentación debe integrarse de manera natural y cotidiana a las actividades desarrolladas en el aula de clase (Perrenoud, 2004).

De esta manera, Perrenoud (1991) propone una transformación en el rol del docente. No debe actuar como un transmisor de conocimientos y un evaluador externo. En lugar de ello, señala Çekiç y Bakla, (2021), se convierte en un mediador del aprendizaje, una guía en los procesos de construcción de saberes, y sobre todo en un acompañante que facilita y promueve espacios de reflexión sobre el aprendizaje como medio para empoderar al estudiante en su proceso formativo. En la regulación, por tanto, la capacidad del docente para dialogar, para observar, para poner sobre la mesa asuntos que se deben analizar y cuestionar con el estudiante, es esencial para reconocer obstáculos y aspectos por mejorar.

En este proceso, es clave no solo la perspicacia del docente para entender a cada uno de sus estudiantes, sino también para construir relaciones temáticas desde las cuales se fomente la descentralización, entendida como la capacidad de ponerse en el lugar del otro. Perrenoud (1991) reconoce la importancia de emplear un abordaje pluridisciplinario en la evaluación formativa, que permita integrar en el proceso un conjunto de orientaciones comunicativas (centradas en los procesos de interacción que se generan entre los estudiantes con sus pares y entre los estudiantes con sus docentes); cognitivas (asociadas a las características particulares de los contenidos, la forma en la cual los estudiantes los comprenden, investigan y desarrollan nuevas visiones sobre los contenidos); didácticas (que se enfocan en los modelos de aprendizaje y en las prácticas concretas que se desarrollan en el aula de clase) y emocionales, como factores esenciales en la construcción de relaciones basadas en la confianza y en la empatía (Espinoza, 2022).

De esta manera, se orienta un marco para la regulación, como un enfoque central desde el cual es posible señalar dificultades, reconocer conjuntamente aspectos que se pueden mejorar, abordar nuevas maneras de transmitir y crear conocimientos (Martínez et al., 2020). De acuerdo con el análisis que se ha planteado, en la Tabla 2 se presenta una síntesis con los enfoques centrales de la evaluación formativa según Perrenoud, teniendo en cuenta además actividades esenciales para aplicarlos en el aula de clases en Ciencias Naturales.

Tabla2.

Enfoques de la evaluación formativa en la enseñanza y aprendizaje de las Ciencias Naturales

Enfoque central	Descripción	Actividades sugeridas en el aula de Ciencias Naturales
Evaluación como regulación del aprendizaje	La evaluación permite ajustar las estrategias pedagógicas en función de los avances y dificultades observadas en los estudiantes.	Aplicación de preguntas diagnósticas al inicio de una unidad. Adaptación de actividades prácticas según las dificultades detectadas.
Retroalimentación continua	Consiste en brindar información oportuna, específica y útil sobre el desempeño del estudiante para que pueda mejorar y avanzar en su aprendizaje.	Comentarios escritos en los informes de laboratorio. Rúbricas con observaciones personalizadas. Conversaciones de retroalimentación.
Fomento de la autorregulación	Promueve que los estudiantes evalúen su propio aprendizaje, identifiquen errores y propongan estrategias para mejorar.	Diarios de aprendizaje o bitácoras científicas. Listas de cotejo para autoevaluación. Metas personales de mejora.
Evaluación centrada en competencias	La evaluación se enfoca en lo que los estudiantes son capaces de hacer con lo que saben, más que en la simple repetición de	Proyectos científicos. Resolución de problemas del contexto. Simulaciones o juegos de roles científicos.

	contenidos.	
Docente como mediador del aprendizaje	El rol del docente se transforma en el de guía, facilitador y acompañante del proceso formativo, más que en un juez que asigna calificaciones.	Tutorías personalizadas. Trabajo cooperativo con apoyo docente. Espacios de diálogo sobre los procesos de evaluación.

Nota. Esta tabla permite reconocer relaciones importantes entre la evaluación formativa y el aprendizaje de las Ciencias Naturales, describiendo actividades concretas que se pueden emplear. Desarrollada a través de información tomada de Çekiş y Bakla (2021).

Como se puede apreciar en la Tabla 2, el enfoque planteado por Perrenoud es el de una evaluación que ayuda al alumno a aprender desde un enfoque pragmático, centrado en la construcción del diálogo como elemento efectivo en la regulación, en la comprensión de los diversos factores que pueden limitar el cumplimiento de unos objetivos concretos de aprendizaje.

Se puede apreciar en esta tabla cómo los principios teóricos del autor se traducen en prácticas pedagógicas concretas que favorecen la regulación del aprendizaje, la autonomía del estudiante y la construcción colectiva del conocimiento científico. Asimismo, se evidencian estrategias que promueven la reflexión sobre el propio proceso de aprendizaje, la valoración del error como oportunidad formativa y la retroalimentación constante como medio para fortalecer la comprensión conceptual y el pensamiento crítico.

Aplicación de los principios de la evaluación formativa en Ciencias Naturales

Ahora bien, es importante entender cómo los postulados de Perrenoud se pueden integrar en el aula de Ciencias Naturales. Para ello, se parte de entender a las Ciencias Naturales como un campo del conocimiento encargado de estudiar los fenómenos del mundo físico y biológico, por medio de habilidades centradas en la observación, la clasificación y el desarrollo de hipótesis que se comprueban por medio del método científico. Lo anterior con el fin de formular teorías que ayuden a explicar el entorno y a darle una fundamentación a los diversos fenómenos que ocurren en el medio ambiente (Ramírez, 2023).

De acuerdo con Hernández et al. (2023), la asignatura de Ciencias Naturales tiene como propósito esencial que los estudiantes comprendan el mundo en el que viven, el conjunto de relaciones que se establecen entre factores

como el hábitat, el desarrollo social, la productividad. De acuerdo con Hernández et al. (2023), la asignatura de Ciencias Naturales tiene como propósito esencial que los estudiantes comprendan el mundo en el que viven, el conjunto de relaciones que se establecen entre factores como el hábitat, el desarrollo social, la productividad y la protección medioambiental. En este sentido, hay enfoques integrales en medio de los cuales ellos mismos se pueden ubicar como componentes centrales en un conjunto de relaciones complejas en el espacio. En el contexto educativo escolar, las Ciencias Naturales tienen precisamente la intención de que el estudiante comprenda su papel como miembro de una sociedad, en el diseño e implementación de soluciones ante los diversos problemas que amenazan la estabilidad de los ecosistemas y la protección de la vida en cada una de sus formas (Cruzado, 2022).

Para ello, los estudiantes deben comprender el funcionamiento de los entornos naturales y las diversas presiones a las cuales se encuentran sometidos en el marco del progreso y el desarrollo industrial (Albarracín, 2020). Pero más allá de procesos de sensibilización ambiental, es importante entender que las Ciencias Naturales representan, ante todo, una asignatura que permite construir una comprensión crítica del mundo. Por tanto, los estudiantes deben aprender a formular hipótesis, a realizar pruebas, experimentos y métodos de contrastación empírica que les permitan formular nuevas ideas.

Hay, por tanto, una evidente necesidad de fortalecer la actitud investigativa de los estudiantes en la enseñanza de las Ciencias Naturales, con el fin de que puedan participar en procesos de transformación del entorno (Hernández-Suárez et al., 2021). Se genera, de esta manera, como lo señalan Varela de Moya et al. (2021), una importante integración de la teoría y de la práctica, que promueve como resultado un aprendizaje significativo que combina la comprensión conceptual con el compromiso ciudadano.

Ahora bien, ya que se han definido principios y objetivos esenciales de las Ciencias Naturales, es importante preguntarse cuál es el papel de la evaluación en estos procesos de descubrimiento del entorno, exploración del espacio, formulación de hipótesis y desarrollo de enfoques de transformación que vinculan a la teoría y a la práctica. En la revisión de literatura que se ha desarrollado, se reconocen diversos enfoques desde los cuales se integra la evaluación formativa a la promoción nuevos conocimientos y aprendizajes en las Ciencias Naturales, los cuales se presentan en la Tabla 3:

Tabla 3.
Integración de la evaluación formativa en las Ciencias Naturales

Enfoque	Descripción	Aplicación en Ciencias Naturales	Autores
Enfoque investigativo-formativo	La evaluación acompaña el proceso de indagación, fomenta la formulación de preguntas y orienta la búsqueda de respuestas.	Se evalúa cómo los estudiantes observan, plantean hipótesis, diseñan experimentos y sacan conclusiones en torno a fenómenos naturales.	Fernández y Cevallos (2022)
Enfoque reflexivo y metacognitivo	La evaluación promueve la autorregulación, la conciencia sobre el propio aprendizaje y el desarrollo del pensamiento crítico.	Se incluyen diarios de campo, autoevaluaciones argumentadas y discusiones grupales sobre el aprendizaje y sus desafíos.	Riveros (2020)
Enfoque contextual y situado	La evaluación se relaciona con situaciones reales del entorno, lo que permite conectar el saber escolar con problemas sociales y ambientales concretos.	Evaluaciones basadas en proyectos relacionados con problemáticas locales: calidad del agua, contaminación, biodiversidad, etc.	Leiton et al. (2024)
Enfoque colaborativo y dialógico	El proceso evaluativo se construye con otros: implica coevaluación, diálogo argumentativo y construcción colectiva del conocimiento.	Actividades grupales donde los estudiantes discuten hipótesis, se retroalimentan entre sí y toman decisiones en conjunto.	Nor et al. (2023)
Enfoque formativo-transformador	Se entiende la evaluación como una herramienta para generar cambios en las prácticas de los estudiantes y docentes, vinculando ciencia, ética y acción social.	Evaluación de propuestas de acción frente a problemas científicos-ambientales, desde una mirada crítica y participativa.	Rosario-Carela (2022)

Nota. Esta tabla muestra estrategias y enfoques concretos que se pueden establecer para mejorar la forma en la cual se integra la evaluación formativa a las Ciencias Naturales. Desarrollada a través de información tomada de Leiton et al. (2024) y Fernández y Cevallos (2022).

Como se puede apreciar, existen enfoques relevantes que asocian la construcción del conocimiento en Ciencias Naturales con la evaluación formativa. El enfoque investigativo y exploratorio de las Ciencias Naturales es un eje central en el desarrollo de la indagación, lo cual puede ser fortalecido a través

de la evaluación formativa y su enfoque en los procesos. En efecto, siguiendo los principios de Perrenoud (2004), una retroalimentación

constante es clave para ir orientando ajustes y mejoras en la indagación y en la exploración, por medio de enfoques que le permitan a los docentes y estudiantes construir interpretaciones sobre los resultados, y sobre todo reconocer los aspectos que pueden ser mejorados.

Se debe promover un enfoque reflexivo en las actividades que se desarrollan en las Ciencias Naturales, como medio para llevar registro de las observaciones, para orientar una gestión de la información que les permita filtrar los datos y construir conocimientos que provengan de la asimilación de la teoría y de la experimentación (Orellana et al., 2025). Estos procesos se pueden fortalecer mediante un acompañamiento formativo, en medio del cual el docente oriente al estudiante en su proceso de construcción del conocimiento, formulando preguntas que promuevan la indagación profunda, y diseñando instrumentos que le permitan al alumno tomar conciencia de sus

avances, dificultades y formas de mejorar.

La reflexión, por tanto, siguiendo las apreciaciones de Martínez et al. (2024) no debe ser entendida únicamente como una actividad final o un ejercicio introspectivo, sino como una herramienta pedagógica constante que permite al estudiante revisar sus hipótesis, reformular sus ideas, reconocer errores y transformar sus prácticas a partir del diálogo y la experiencia.

Otro aspecto importante es ese enfoque colaborativo y dialógico como eje transversal en las Ciencias Naturales y en la evaluación formativa. En efecto, siguiendo a autores como Kiektik (2021), la comunicación es clave en el proceso investigativo de las Ciencias Naturales como medio para contrastar hipótesis, integrar nuevos datos a la formulación de ideas, reconocer nuevas maneras de pensar y de observar el mundo.

Este enfoque colaborativo, sin duda, se puede potenciar a través de la evaluación formativa, teniendo en cuenta con Perrenoud (1991) que uno de los principales valores de un proceso evaluativo de este tipo es precisamente fomentar la revisión conjunta del proceso educativo, la empatía como medio para ponerse en el lugar del otro, la construcción de interpretaciones comunes que den como resultado estrategias de cambio.

De esta manera, a través de la reflexión, la investigación sobre el mundo, la comunicación, la colaboración y la reflexión, se encuentran aspectos que permiten comprender cómo la evaluación formativa puede incidir favorablemente en el aprendizaje de las Ciencias Naturales. Sobre todo, es clave para el fortalecimiento de habilidades esenciales en esta asignatura, como el pensamiento crítico y la construcción de aprendizajes significativos que vinculen a la teoría con la práctica (Leyva y Espinoza, 2021).

Se puede decir, por tanto, que integrar los postulados de Perrenoud en el área de las Ciencias Naturales implica, para efectos prácticos, repensar la evaluación no como una verificación de saberes memorizados, sino como una herramienta pedagógica que potencia y promueve la regulación del aprendizaje (Demarchi, 2020). Además, la evaluación formativa presentada por Perrenoud (1996), a través de sus enfoques de regulación y de retroalimentación, se establece también como una clave para fortalecer la autonomía y avanzar en la construcción de una conciencia crítica y transformadora.

De acuerdo con el análisis que se ha planteado, en la Tabla 4 es clave vincular los postulados principales de Philippe Perrenoud sobre evaluación formativa con ejemplos concretos de aplicación en el aula de Ciencias Naturales:

Tabla 4.
Relación entre los postulados de Perrenoud y su aplicación en Ciencias Naturales

Postulado de Perrenoud	Ejemplo de aplicación en Ciencias Naturales
Evaluación como regulación continua del aprendizaje	Durante un experimento sobre el crecimiento de plantas, el docente realiza preguntas intermedias para que los estudiantes identifiquen errores en la medición y modifiquen su procedimiento antes de llegar al resultado final.
Retroalimentación oportuna y personalizada	Al analizar muestras de agua, el docente entrega comentarios individuales sobre la manera en que cada grupo presenta sus conclusiones y propone cómo pueden mejorar el análisis de datos.
Promoción de la autorregulación del estudiante	Se implementan diarios de campo donde los alumnos registran hipótesis, observaciones y reflexionan sobre sus avances y errores, comparando resultados con los objetivos planteados.
Integración de la evaluación con la práctica investigativa	En un proyecto sobre biodiversidad local, los estudiantes diseñan y aplican encuestas o conteos de especies, siendo evaluados por su capacidad de formular hipótesis y analizar resultados, más que por memorizar datos.
Carácter colaborativo y dialógico de la evaluación	En equipos, los estudiantes discuten los resultados de un experimento sobre contaminación del aire, se coevalúan con rúbricas y generan recomendaciones conjuntas para mejorar el diseño experimental.
Evaluación como medio para formar pensamiento crítico y conciencia social	Se evalúan propuestas de acción frente a la deforestación, considerando la argumentación científica, la viabilidad de las soluciones y el compromiso con la comunidad local.
Instrumentos variados y adaptados al contexto	Uso de rúbricas, debates, mapas conceptuales y portafolios para valorar cómo los estudiantes integran teoría y práctica al estudiar fenómenos naturales complejos.

Nota. Esta tabla muestra cómo, a través de ejemplos concretos, se pueden relacionar los principios teóricos de Perrenoud con los enfoques de enseñanza y aprendizaje en las Ciencias Naturales.

En los instrumentos de evaluación utilizados en los estudios se observaron importantes resultados de aprendizaje, dentro de los cuales se destacan mejoras significativas en la capacidad de los estudiantes para formular hipótesis, analizar datos y establecer relaciones causales entre los fenómenos naturales observados. Asimismo, se evidenció un incremento en la autonomía y en la autorregulación del aprendizaje, ya que los estudiantes demostraron mayor capacidad para identificar sus propios errores, reflexionar sobre sus procesos y plantear estrategias de mejora.

Otro hallazgo relevante fue el fortalecimiento del pensamiento crítico y del razonamiento científico, expresado en la habilidad de los estudiantes para argumentar con base en evidencias empíricas, contrastar resultados y vincular la teoría con la práctica experimental. En este sentido, la evaluación formativa contribuyó a que los estudiantes comprendieran la ciencia no como un conjunto de respuestas cerradas, sino como un proceso dinámico de exploración, verificación y construcción colectiva del conocimiento.

Desde esta perspectiva, se puede decir que la evaluación formativa en Ciencias Naturales es una herramienta pedagógica que apoya los procesos de descubrimiento, la comprensión de los fenómenos que se integran al contexto social y ambiental de los estudiantes. Además, reconoce la importancia de argumentar científicamente como medio esencial en la transformación del mundo. La teoría de Philippe Perrenoud, por tanto, puede ayudar en las aulas de clase a repensar las prácticas evaluativas por medio de procesos de regulación, retroalimentación y mejora continua del aprendizaje, centrados en las necesidades individuales de los estudiantes y, sobre todo, en la forma en la cual se relacionan con el entorno.

Sin embargo, como se advertía al principio de este artículo, integrar la evaluación formativa en las escuelas no es una tarea sencilla, y es una posibilidad que está sujeta a la superación de diversos retos y desafíos que es preciso considerar. A partir de la revisión que se ha desarrollado y presentado en estos dos apartados de los resultados, es importante identificar tendencias, patrones y vacíos en los artículos seleccionados. En general, existe un consenso entre los autores en decir que la evaluación

formativa posee un carácter regulador, y que es indispensable para orientar y mejorar los procesos de enseñanza y aprendizaje. La retroalimentación se reconoce como un valor importante en la construcción de diálogos, además de la autorregulación del estudiante y la posibilidad de generar reflexiones en torno a la forma en la cual se está aprendiendo y se están orientando a hábitos de estudio.

Se observa además que hay una tendencia importante para integrar la evaluación con nuevos enfoques investigativos desde los cuales se pueda fomentar la colaboración, e incidir favorablemente en el desarrollo de competencias como el pensamiento crítico y la construcción de aprendizajes significativos. Los artículos coinciden en la necesidad de reconocer a la evaluación como una herramienta pedagógica que se vincula a la práctica. Lo anterior es esencial para comprender cómo se puede integrar la teoría de Perrenoud a los procesos de cambio y transformación que se precisan en una educación mediada por la tecnología, y con diversos retos que se establecen en un panorama globalizado.

En cuanto a los vacíos, en la práctica escolar las intervenciones por medio de las cuales se busca promover la retroalimentación y la participación se aplican de manera fragmentada o superficial. En realidad, existe una limitada sistematización de experiencias desde las cuales se puedan reconocer criterios o prácticas adecuadas que puedan incidir en los procesos de formación docente para que asuma un rol como mediador. Por otro lado, se evidencia también que hace falta avanzar en el desarrollo de instrumentos y propuestas claras para integrar el desarrollo de la evaluación a la mejora continua de la calidad educativa.

A continuación, por tanto, se parte de reconocer dichos retos, siguiendo para ello los planteamientos del mismo Perrenoud, para posteriormente presentar estrategias concretas que puedan ayudar a los docentes a potenciar la enseñanza y el aprendizaje de las Ciencias Naturales por medio de una correcta aplicación y uso de la evaluación formativa.

Retos y estrategias para implementar la evaluación formativa en Ciencias Naturales

En este apartado se identifican obstáculos y se proponen estrategias pedagógicas alineadas con la teoría de Perrenoud para superarlos. Para ello, es preciso partir de reconocer con Perrenoud (1998), precisamente, aquellas dificultades esenciales que se generan en las aulas de clase cuando un docente decide aplicar procesos de evaluación formativa. En particular, en su artículo “¿A dónde van las pedagogías diferenciadas? Hacia la individualización del currículo y de los itinerarios formativos”, el autor reconoce que son seis los errores que se cometen o las limitaciones que afectan el proceso evaluativo:

1. Incluso cuando se orientan procesos constructivos de diálogo en la evaluación, los docentes tienden a darle más prioridad a las evaluaciones balance, desarrolladas al final del curso, olvidando que todos los procesos evaluativos tienen la misma importancia para mejorar el aprendizaje.
2. Muchas veces hay una obstinación para estandarizar las evaluaciones formativas sobre el modelo de la equidad formal. Esto quiere decir que se trata a todos los estudiantes por igual, sin considerar sus diferencias, ritmos de aprendizaje, contextos o trayectorias individuales. De acuerdo con Perrenoud (1996), este enfoque solo es conveniente cuando se trata de exámenes para certificaciones, pero en el proceso educativo es clave avanzar en procesos individualizados para mejorar la comprensión de los aprendizajes, especialmente en el caso de los estudiantes que presentan más complicaciones.
3. Al aplicar el desarrollo de la evaluación formativa, los docentes generalmente piensan que el criterio central del éxito es manejar con rigor una serie de formatos y de rúbricas, enredándose de esta manera con un formalismo y un perfeccionismo que al final termina generando afectaciones, ya que los docentes van cediendo bajo el peso de la carga y prefieren, al final, volver a ejercicios centrados en la evaluación sumativa.
4. En general, en las escuelas se busca la manera de que coexista la evaluación formativa con la sumativa, debido al miedo y la resistencia al cambio. Esto genera como resultado incluso afectaciones más graves en el proceso evaluativo, cuando los docentes no saben realmente qué hacer, cuál es el modelo que deben aplicar, cómo deben orientar el proceso educativo.
5. Al aplicar la evaluación formativa, los docentes se centran en el análisis de identificación de los errores, pero no los integran a procesos de discusión y de regulación que les permitan construir conjuntamente con los estudiantes estrategias de mejora, todo ello en el marco de un proceso interactivo

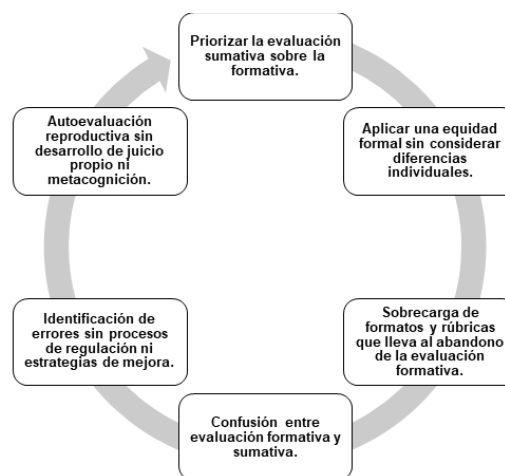
y dinámico.

6. Se establecen comúnmente en el aula de clases prácticas de autoevaluación en medio de las cuales el estudiante interioriza los juicios que hace el docente sobre el proceso, en lugar de desarrollar sus propios juicios. Esto se debe a la ausencia de procesos efectivos de comunicación mediados por la confianza y la empatía, que les permitan a los mismos estudiantes promover capacidades de metacognición que en realidad mejoren su reflexión sobre los procesos individuales de aprendizaje.

A manera de síntesis, en la Figura 3 se identifican obstáculos en el desarrollo de la evaluación formativa:

Figura 3.

Errores al integrar la evaluación formativa en las escuelas



Nota. Esta figura permite reconocer los diversos errores que se cometen en las clases cuando se quiere integrar la evaluación formativa. Elaboración propia con base en información tomada de Perrenoud (1998)

En el proceso de enseñanza y aprendizaje de las Ciencias Naturales, es clave tener en cuenta estos obstáculos para promover verdaderamente la autonomía de los estudiantes en sus procesos de descubrimiento sobre el mundo. Además, es clave reconocerlos para mejorar en la formulación de teorías sobre los fenómenos naturales, y sobre todo, para la construcción de soluciones ante las problemáticas ambientales y sociales, que partan precisamente de enfoques centrados en la regulación y la retroalimentación del proceso evaluativo. En la tabla 5, por tanto, se presentan recomendaciones centrales que pueden ayudar a superar estos obstáculos:

Tabla 5.
Errores al integrar la evaluación formativa en las escuelas y estrategias de mejora

Errores según Perrenoud	Estrategias	Enfoques para las Ciencias Naturales	Autores
1. Priorizar la evaluación sumativa sobre la formativa.	Integrar la evaluación formativa en cada sesión como parte del proceso investigativo. Visibilizar cómo los avances parciales contribuyen al logro final. Establecer portafolios de seguimiento donde los estudiantes registren progresos y reflexiones.	Usar diarios de campo o bitácoras científicas para registrar observaciones y reflexiones Valorar las hipótesis y procedimientos empleados, más allá del resultado final. Evaluar el desarrollo de competencias científicas (observar, formular preguntas, experimentar, argumentar).	Albarracín (2022)
2. Aplicar una equidad formal sin considerar diferencias individuales.	Adaptar instrumentos según las trayectorias, niveles y estilos de aprendizaje de los estudiantes. Usar rúbricas flexibles que consideren procesos más que solo resultados. Realizar diagnósticos iniciales y ajustes continuos a las actividades de evaluación.	Diseñar proyectos o investigaciones adaptables según intereses (por ejemplo, medio ambiente local, salud, tecnología). Variar los modos de presentación de aprendizajes: modelos, experimentos, videos, exposiciones Atender ritmos de aprendizaje en prácticas de laboratorio y trabajo experimental.	Babincáková et al., (2020)
3. Sobrecarga de formatos y rúbricas que lleva al abandono de la evaluación formativa.	Priorizar rúbricas breves centradas en criterios esenciales. Usar instrumentos visuales (como semáforos, líneas de progreso o mapas de aprendizaje). Distribuir la responsabilidad evaluativa con los estudiantes mediante autoevaluación y coevaluación.	Implementar rúbricas por competencias científicas (formular preguntas, diseñar experimentos, interpretar datos). Utilizar escalas visuales (como termómetros del aprendizaje o semáforos científicos). Integrar la evaluación al trabajo en grupo durante experimentos o proyectos.	Cruzado (2022)
4. Confusión entre evaluación formativa y sumativa.	Diseñar una planificación que indique momentos claros para cada tipo de evaluación. Formar a los estudiantes en el propósito de cada evaluación (diagnóstica, formativa o sumativa). Utilizar instrumentos diferenciados según la	Iniciar las unidades con actividades diagnósticas prácticas (ej.: experimentos simples o lluvia de ideas). Realizar pausas reflexivas durante los experimentos para identificar errores o aprendizajes. Emplear evaluaciones finales que integren procesos previos (presentación de un informe, feria	Babincáková et al., (2020)

	función evaluativa (diarios, rúbricas, pruebas).	científica, etc.).	
5. Identificación de errores sin procesos de regulación ni estrategias de mejora.	Establecer sesiones específicas para la retroalimentación con propuestas de mejora. Usar el error como punto de partida para investigaciones y debates en clase. Incluir actividades de revisión colaborativa como parte del proceso evaluativo.	Analizar errores experimentales como parte del método científico. Formular nuevas hipótesis a partir de resultados inesperados. Fomentar el diálogo científico para corregir conceptos erróneos o mejorar diseños experimentales.	Demarchi (2020)
6. Autoevaluación reproductiva sin desarrollo de juicio propio ni metacognición.	Guiar la autoevaluación mediante preguntas abiertas y reflexivas. Promover diarios de aprendizaje donde el estudiante reflexione sobre sus logros y dificultades. Crear espacios de diálogo donde el estudiante argumente y contraste sus autoevaluaciones con las del docente o sus pares.	Usar preguntas como: “¿Qué aprendí al hacer este experimento?”, “¿Qué haría diferente la próxima vez?” Promover el uso de diarios científicos personales. Establecer sesiones de metacognición tras cada práctica de laboratorio o proyecto.	Demarchi (2020)

Nota. Partiendo de los errores previamente señalados, esta tabla presenta estrategias para evitar dichos errores en el caso de la enseñanza y aprendizaje de las Ciencias Naturales.

Se observa que las estrategias propuestas no solo buscan corregir las prácticas inadecuadas identificadas por Perrenoud, sino también promover una transformación profunda en la cultura evaluativa escolar. En particular, se enfatiza

la necesidad de que la evaluación formativa se integre como un proceso continuo, reflexivo y contextualizado, centrado en el aprendizaje del estudiante y no únicamente en la verificación de resultados.

Es clave, como se puede apreciar en la Tabla 5, que cada estrategia propuesta se alinee con los enfoques y principios de las Ciencias Naturales, pues como se ha visto, su aprendizaje y enseñanza precisa del desarrollo de enfoques investigativos, críticos y de exploración del mundo. Las propuestas que se han planteado parten de reconocer la importancia de valorar hipótesis y procedimientos, en medio de

actividades por medio de las cuales los estudiantes puedan desarrollar un seguimiento a sus actividades, usando para ello diarios de campo y bitácoras de aprendizaje, lo cual puede ayudar a mejorar la autorregulación.

Es importante en este punto diferenciar con mayor precisión los aportes originales del autor respecto a la síntesis de la literatura revisada. El análisis que se ha planteado en esta tabla permite reconocer que aquellos errores que han sido señalados por Perrenoud han sido abordados en la literatura por medio de estrategias relevantes que tienen como funcionalidad transformar los procesos educativos en el aula de clases. Por ejemplo, es importante hablar de la integración de la evaluación formativa en cada una de las sesiones por medio de la adaptación de instrumentos que se adapten a los ritmos de aprendizaje de cada estudiante. Estas orientaciones permiten orientar un marco general para fortalecer procesos de retroalimentación continua y diversificar la forma en la cual cada estudiante se relaciona con los procesos de aprendizaje en las Ciencias Naturales.

El punto es que los autores que han sido citados complementan y enriquecen los análisis de Perrenoud, al proponer enfoques específicos que tengan una aplicación en el aula. De esta manera, Albarracín (2022) reconoce la importancia de usar portafolios y bitácoras, mientras que Babincáková et al.

(2020) destacan la necesidad de mejorar proyectos que se adapten a los intereses de los estudiantes. Cruzado (2022), por su parte, reconoce que los instrumentos deben ser pertinentes y deben incluir componentes visuales que mejoren la retroalimentación. También se destacan las apreciaciones de Demarchi (2020), quien profundiza en la posibilidad de regular los aprendizajes a través de análisis de errores y ejercicios continuos de interacción con los estudiantes, que permitan construir diálogos a partir de los procesos de aprendizaje.

Es importante profundizar en la articulación de los postulados de Perrenoud con enfoques contemporáneos de evaluación. Se observa principalmente que la teoría de Perrenoud se enfoca en regular los aprendizajes en tiempo real, lo cual permite conocer la diversidad de los estudiantes y la forma en la cual se enfrentan a los procesos de construcción de conocimiento. De esta manera, es posible promover una evaluación auténtica y reguladora del aprendizaje que mejore competencias importantes en los procesos académicos y en el desarrollo de la vida personal de cada estudiante.

Los enfoques contemporáneos de la evaluación, como aquellos basados en competencias, retroalimentación dialogada, evaluación inclusiva, son esenciales ya que refuerzan los planteamientos del Perrenoud al priorizar los procesos sobre los resultados. En efecto, todos estos enfoques contemporáneos parten de la base central de fomentar un proceso evaluativo que sea reflexivo, para lo cual es preciso diversificar los instrumentos, incluir enfoques participativos, usar el diálogo como herramienta central de entendimiento.

De esta manera, es posible ajustar la enseñanza a la diversidad que existe en el aula por medio de diversos instrumentos como portafolios digitales, instrumentos visuales de seguimiento y rúbricas flexibles. Se puede evidenciar, por tanto, que las teorías de Perrenoud se relacionan con los enfoques contemporáneos de la evaluación, al incluir nuevos enfoques de integración y reflexión científica que mejoren los procesos de observación y también el desarrollo de una autoevaluación consciente.

En cuanto al contraste entre los hallazgos de la revisión y estudios previos, se reconoce que la literatura coincide en reconocer cómo la evaluación formativa no solo es una herramienta para regular el aprendizaje, sino también para fortalecer un pensamiento crítico. Sin embargo, en esta investigación en particular, se evidencia que en la enseñanza de las Ciencias Naturales estos

principios se generan de manera parcial. Esto debido a que persisten una serie de dificultades estructurales para integrar la evaluación formativa como práctica habitual, dentro de las cuales se resaltan las problemáticas de capacitación docente, además de la resistencia cultural a los cambios y la ausencia de criterios comunes. Por tanto, este artículo ha desarrollado aportes relevantes enfocados en relacionar los postulados de Perrenoud con ejemplos concretos en el aula, pasando de un plano meramente teórico al diseño de estrategias pedagógicas que se puedan usar en las Ciencias Naturales.

Sin duda alguna, estos análisis que se han planteado sobre la teoría de Perrenoud se pueden relacionar con el planteamiento de otros autores que analizan cómo la evaluación formativa puede ayudar a promover el desarrollo integral de competencias científicas, dentro de las cuales se destaca la observación, experimentación y argumentación. Principalmente, autores como Dini et al., (2020) plantean que una evaluación formativa ayuda a regular los aprendizajes mientras ocurren en el aula de clase y no únicamente al final del proceso. En las Ciencias Naturales, las competencias científicas no se adquieren de una manera lineal y progresiva, sino que se dan en unos periodos de tiempo a través de la práctica continua, de la exploración del mundo, del desarrollo de habilidades comunicativas que les permitan a los estudiantes reflexionar críticamente sobre su propio desempeño.

Por otro lado, Fernández y Ceballos (2022) plantean que la evaluación formativa les ayuda a los estudiantes a contar con evidencias inmediatas de su proceso, lo cual favorece un proceso crítico de aprendizaje en el cual se establecen procesos de regulación y se definen conjuntamente estrategias de mejora. Por su parte, Cruzado (2022), al reconocer la importancia de los procedimientos, señala que la evaluación formativa hace del error una fuente importante de aprendizaje a través de la cual se mejora el desarrollo progresivo de habilidades científicas.

De esta manera, se destacan instrumentos como bitácoras, rúbricas, enfoques de retroalimentación que inciden no solamente en un mejor proceso evaluativo sino también en la capacidad de los estudiantes para pensar críticamente el mundo, controlar variables, argumentar con base a una serie de evidencias. Además, explican Babincáková et al., (2020), se destaca la importancia en la evaluación formativa de habilidades de comunicación de los hallazgos. En conjunto, todos estos registros y procesos de la evaluación formativa se asocian con el desarrollo de las Ciencias Naturales, en un trabajo científico y en la integración continua de los saberes conceptuales a las prácticas reales de la cotidianidad (Albarracín, 2022).

También es esencial, para mejorar la coherencia con Ciencias Naturales, hacer uso de herramientas y

enfoques como el laboratorio, trabajo de campo y simulaciones:

- El laboratorio les ayuda a los estudiantes a experimentar diferentes conocimientos e hipótesis en entornos controlados, en los cuales pueden poner a prueba hipótesis, además de colaborar para llegar a un resultado específico y registrar resultados de forma sistemática. La evaluación formativa se integra, en este aspecto, mediante guías y rúbricas en las cuales el docente puede generar una retroalimentación que orienta el análisis de errores (Albarracín, 2022).
- Por otro lado, el trabajo de campo permite establecer contacto directo con los fenómenos naturales, de tal manera que los estudiantes participan activamente en la construcción y análisis de su realidad mediante la observación. La evaluación se fortalece por medio del desarrollo de diarios de campo, mediante los cuales los estudiantes pueden reflexionar sobre sus experiencias concretas, y mejorarlas (Ugwumaduka y Ogunyemi, 2021).
- Finalmente, las simulaciones se establecen como escenarios o representaciones virtuales en las cuales los estudiantes pueden trabajar con distintas herramientas y explorar fenómenos complejos que no podrían ser desarrollados comúnmente en el aula. La evaluación formativa, en este caso, permite fomentar el desarrollo de toma de decisiones, la participación y el análisis crítico de los resultados (Albarracín, 2022).

En la figura 4 se muestra una visión esquemática de las diferentes herramientas que se pueden emplear para promover mediante herramientas propias de las Ciencias Naturales el desarrollo de la evaluación formativa:

Figura 4.
Ciencias Naturales y evaluación formativa



Nota. Esta figura muestra cómo las herramientas propias en los procesos de construcción de las Ciencias Naturales se pueden relacionar con la evaluación formativa.

Como aportes del presente artículo, se deben orientar en las estrategias enfoques colaborativos que promuevan también la coevaluación y la autoevaluación reflexiva. En efecto, es clave implementar el desarrollo de proyectos adaptables a las necesidades y ritmos de aprendizaje de cada estudiante, con el fin de generar diversos productos que se manifiesten no como el resultado de los procesos de aprendizaje, sino más bien como muestras en las cuales los estudiantes puedan compartir sus conocimientos, recibir retroalimentación, seguir avanzando en la construcción de nuevas ideas.

El punto es que la evaluación formativa debe desarrollarse a lo largo de todo el proceso académico, no por ciertos momentos, y debe partir de una buena planificación y de un proceso constante de ajustes. De esta forma, es posible revalorizar el conocimiento, generar nuevos medios para favorecer el desarrollo del pensamiento crítico. En el caso de las Ciencias Naturales, este proceso es vital para avanzar en la formación de estudiantes con capacidades de investigación y de reflexión sobre el mundo, dispuestos a aportar sus saberes y conocimientos en el mejoramiento de las relaciones que las comunidades establecen con la naturaleza, el entorno, el medio ambiente.

Conclusiones

Se destaca como uno de los principales hallazgos del artículo que la evaluación formativa no solo es un componente esencial para mejorar la atención al proceso en el desarrollo del aprendizaje, sino que es un elemento que se articula de manera significativa con los enfoques y la epistemología de las Ciencias Naturales. Lo anterior, teniendo en cuenta que las Ciencias Naturales parten de procesos de

exploración del mundo, observación e investigación, que le permiten al estudiante establecer hipótesis, desarrollar ajustes en las intervenciones y experimentar con diversos materiales.

En este sentido, la evaluación formativa, centrada en el seguimiento continuo, la retroalimentación significativa y la promoción de la reflexión crítica, se convierte en un eje pedagógico que promueve la enseñanza de las Ciencias Naturales desde una perspectiva investigativa y constructivista. Permite establecer un diálogo permanente entre el docente y el estudiante, en el que se comparten criterios, se construyen de manera colaborativa significados, se establecen comprensiones colectivas no solo sobre los objetivos del conocimiento sino especialmente sobre el aprendizaje en sí. Esta interacción fortalece el pensamiento crítico, la metacognición y el desarrollo de una actitud ética hacia el conocimiento y la naturaleza, principios fundamentales del enfoque científico.

Por tanto, al integrar la evaluación formativa en el aprendizaje de las Ciencias Naturales es posible establecer vínculos basados en el carácter investigativo de esta ciencia, en la exploración del mundo y en la posibilidad de desarrollar un pensamiento crítico a partir de la aplicación de métodos científicos.

En este sentido, se concluye que la evaluación formativa, entendida desde la perspectiva de Philippe Perrenoud, no solo orienta la mejora continua del aprendizaje, sino que redefine el papel del docente y del estudiante dentro del proceso educativo. En el contexto de las Ciencias Naturales, esta forma de evaluación se consolida como un instrumento de regulación del aprendizaje que favorece la construcción activa del conocimiento, al permitir que los estudiantes comprendan, cuestionen y transformen sus propias ideas a partir de la evidencia y la reflexión.

Sin embargo, persisten errores comunes cuando se trata de implementar la evaluación formativa, como cuando se aplica homogéneamente sin entender las diferencias individuales, o cuando se prioriza la evaluación sumativa, centrada en los resultados. Dentro de las principales recomendaciones para los docentes, es preciso integrar la evaluación formativa a través de instrumentos simples que valoren principalmente la participación y la interacción con los estudiantes. De esta manera, pueden promover procesos de cognición mediante preguntas abiertas, aprovechando los recursos y los enfoques de las Ciencias Naturales como una disciplina que

permite entender mejor las conexiones y relaciones que desarrollan los estudiantes con su entorno.

Finalmente, para los tomadores de decisiones y formadores de docentes, es preciso avanzar en programas de formación centrados en la evaluación formativa como un proceso que sea dinámico y no simplemente como una obligación de tipo administrativa. Además, es clave fomentar proyectos institucionales que integren estas prácticas de evaluación con procesos investigativos en las Ciencias Naturales.

Es importante reconocer las limitaciones que se presentaron en el diseño y redacción del artículo. A pesar de que se aplicó una metodología PRISMA, que garantiza transparencia y sistematicidad, se pueden generar sesgos de selección debido a la exhaustividad de la búsqueda y a la necesidad de contar con criterios de calidad en los estudios incluidos. El alcance de las bases de datos puede haber limitado la identificación de estudios que aportarían más en la discusión, principalmente lo que tiene que ver con estrategias concretas que se pueden aplicar en el aula de las Ciencias Naturales. Sin embargo, estas limitaciones no invalidan los hallazgos del estudio, ya que se ha establecido un proceso crítico de discusión con autores actuales. Además, se ha mantenido una relación constante con la teoría de Perrenoud y con los enfoques de las Ciencias Naturales.

Sobre nuevas líneas de investigación y trabajos futuros, es clave avanzar en el desarrollo de estudios empíricos desde los cuales se evalúe, concretamente en el aula de clases, cómo la evaluación formativa puede mejorar el aprendizaje y enseñanza de las Ciencias Naturales. Para ello, se pueden integrar diversas poblaciones de docentes y estudiantes para que generen procesos de retroalimentación en torno a la evaluación formativa, los retos y desafíos que se presentan en la práctica. También es importante evaluar la aplicabilidad práctica de las recomendaciones que han sido planteadas en este artículo, lo cual podría ofrecer nuevos conocimientos que permitan mejorar las propuestas y avanzar de esta manera en una mejor relación entre las Ciencias Naturales y la evaluación formativa.

Para finalizar, se puede decir que este artículo integra varios elementos que pueden enriquecer el análisis de la evaluación formativa en la enseñanza de las Ciencias Naturales. Por ejemplo, se ha sistematizado un panorama de estrategias que incluyen bitácoras, retroalimentación dialogada, uso de simulaciones y trabajo de campo, lo cual permite entender cómo los postulados de Perrenoud que han sido vistos se integran al aula en las Ciencias Naturales. A partir del análisis crítico de la literatura, se han identificado errores frecuentes que se generan en la evaluación formativa debido, por ejemplo, al exceso de formatos, aplicación

homogénea, confusión con la evaluación sumativa y resistencia de los docentes.

Este aporte ha permitido definir una taxonomía de errores y desafíos que organiza y visualiza diversos obstáculos que se deben superar en el aula de clases. Finalmente, en cuanto al proceso metodológico, se puede decir que al apoyarse en una metodología PRISMA, el artículo asegura transparencia en lo que tiene que ver con selección de fuentes y desarrollo de los hallazgos. Ha sido clave, por tanto, mantener un diálogo constante entre la teoría de Perrenoud con enfoques contemporáneos de evaluación y con prácticas propias de las Ciencias Naturales.

Referencias Bibliográficas

- Albarracín, A. N. (2022). Secuencias didácticas como estrategia pedagógica en la enseñanza de las Ciencias Naturales. *Revista Latinoamericana de Educación Científica, Crítica y Emancipadora*, 1(1), 505–523. <https://www.revistaladecin.com/index.php/LadECiN/article/view/48>
- Babincáková, M., Ganajová, M., Sotáková, I., & Bernard, P. (2020). Influence of formative assessment classroom techniques (FACTs) on students' outcomes in chemistry at secondary school. *Journal of Baltic Science Education*, 19(1), 36–49. DOI:10.33225/jbse/20.19.36
- Bastidas Arandia, D. M. (2025). Impact of ICT in educational evaluation before, during and after the pandemic. *Scientific Journal T & E*, 1(2), 80–101.
- Camargo-Torres, M. D., Chong-Barreiro, M. C., Cáceres-Mesa, M. L., & Moreno-Tapia, J. (2023). Evaluación educativa y motivación escolar en educación superior. *Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas*, 6(3), 191–197.
- Çekiç, A., & Bakla, A. (2021). A review of digital formative assessment tools: Features and future directions. *International Online Journal of Education and Teaching (IOJET)*, 8(3), 1459–1485.
- Cruzado, J. (2022). La evaluación formativa en la educación. *Comuni@cción*, 13(2), 149–160. <http://dx.doi.org/10.33595/2226-1478.13.2.672>.
- Demarchi, G. (2020). La evaluación desde las pruebas estandarizadas en la educación en Latinoamérica. En: Contexto. *Revista de Investigación en Administración, Contabilidad, Economía y Sociedad*, 8(13), 106–121. <https://doi.org/10.53995/23463279.716>
- Dini, V., Sevan, H., Caushi, K., & Orduña Picón, R. (2020). Characterizing the formative assessment enactment of experienced science teachers. *Science Education*, 104(2), 290–325. <https://doi.org/10.1002/sce.21559>
- Espinoza, E. E. (2022). La evaluación de los aprendizajes. *Conrado*, 18(85), 120–127.
- Fernández, E. F., & Cevallos, H. A. (2022). Estrategia didáctica para el fortalecimiento del aprendizaje significativo de las Ciencias Naturales. *Dominio de las Ciencias*, 8(Extra 3), 1015–1035. <https://doi.org/10.23857/dc.v8i3.2971>
- Ganajová, M., Sotáková, I., Lukác, S., Ješková, Z., Jurková, V., & Orosová, R. (2021). Formative assessment as a tool to enhance the development of inquiry skills in science education. *Journal of Baltic Science Education*, 20(2), 204–222. 10.33225/jbse/21.20.204
- Hernández, R. D., Rodríguez, E. R., & Barón, S. J. (2020). El entorno natural como espacio de aprendizaje y estrategia pedagógica en la escuela rural: Fortalecimiento de las competencias de las Ciencias Naturales y educación ambiental en estudiantes del grado 9° en el municipio de La Unión–Sucre, Colombia. *Revista de Estilos de Aprendizaje*, 13(25), 29–41. <https://doi.org/10.55777/rea.v13i25.1491>
- Hernández-Suárez, C. A., Avendaño-Castro, W. R., & Rojas-Guevara, J. U. (2021). Planeación curricular y ambiente de aula en Ciencias Naturales: de las políticas y los lineamientos a la aplicación institucional. *Revista de Investigación, Desarrollo e Innovación*, 11(2), 233–247.
- Hopfenbeck, T. N., Zhang, Z., Sun, S. Z., Robertson, P., & McGrane, J. A. (2023). Challenges and opportunities for classroom-based formative assessment and AI: A perspective article. *Frontiers in Education*, 8, 44–66. <https://doi.org/10.3389/educ.2023.1270700>
- Kiektik, C. (2021). Las palabras de la evaluación y las cosas en el examen: De la evaluación tradicional a la evaluación formativa en términos de discurso. *Reflexión Académica en Diseño y Comunicación*, 21(41), 44–56.
- Kruiper, S. M. A., Leenknecht, M. J. M., & Slof, B. (2022). Using scaffolding strategies to improve formative assessment practice in higher education. *Assessment & Evaluation in Higher Education*, 47(3), 458–476. 10.1080/02602938.2021.1927981

Leiton, D. R., Engracia, D. E., Tamayo, J. A., Ramírez, S. Y., & Ramírez, E. G. (2024). Estrategia metodológica para el mejoramiento del rendimiento académico en la asignatura de Ciencias Naturales en los estudiantes de educación básica. *Estudios y Perspectivas: Revista Científica y Académica*, 4(2), 273–291. <https://doi.org/10.61384/r.c.a.v4i2.221>

Leyva, N. V., & Espinoza, E. E. (2021). Características de la evaluación educativa en el proceso de aprendizaje. *Revista Universidad y Sociedad*, 13(6), 363–370.

Martínez, M. P., Rodríguez, K. E., Guapizaca, M. J., & Pintado, E. M. (2024). La evaluación como herramienta en el proceso enseñanza-aprendizaje. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(4), 9510–9529. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i4.13107

Molina, M., Pascual, C., y López, C., (2022). Los proyectos de aprendizaje tutorado y la evaluación formativa y compartida en la docencia universitaria española. *Perfiles educativos*, 44(177), 96–112. <https://doi.org/10.22201/iisue.24486167e.2022.177.60222>

Nguyen Hoang Tien, N. H., Tran Thi Thuy Trang, T. T. T., & Pham Bich Ngoc, P. B. N. (2021). The role of formative assessment in business education in Vietnam. *PalArch's Journal of Archaeology of Egypt / Egyptology*, 18(6), 85–99.}

Nor, N. B. M., & Wider, W. (2023). Positive impact of formative assessment on science subject learning: A case study of an international private school. *International Journal of Education and Practice*, 11(3), 579–589. <https://doi.org/10.18488/61.v11i3.3436>

Orellana, R. J., Gastello, W., & Santa María, H. R. (2025). Evaluación formativa para mejorar la práctica pedagógica en una institución educativa pública en Perú. *Revista Espacios*, 46(1), 204–229. DOI: 10.48082/espacios-a25v46n01p16

Ortega, D., y Gil, S. (2020). La evaluación formativa como elemento para visibilizar el desarrollo de competencias en ciencia y tecnología y pensamiento crítico. *Infancia, Educación y Aprendizaje*, 5(2), 79–85. <https://doi.org/10.30827/publicaciones.v50i1.15977>

Perrenoud, P. (1991). “Pour une approche pragmatique de l'évaluation formative”, *Mesure et évaluation en éducation*, vol. 13 (4):49-81.

Perrenoud, P. (1996). Diez nuevas competencias para enseñar: invitación al viaje. Graó.

Perrenoud, P. (1998). ¿A dónde van las pedagogías diferenciadas? Hacia la individualización del currículo y de los itinerarios formativos. *Educación*, 22–23, 11–34.

Perrenoud, P. (2004). Desarrollar la práctica reflexiva en el oficio de enseñar: profesionalización y razón pedagógica. Graó.

Perrenoud, P. (2006). La evaluación de los alumnos: de la lógica de la prueba a la lógica del acompañamiento. Graó.

Ramírez, G. E. (2023). El papel de la experimentación en la enseñanza de las Ciencias Naturales. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(3), 632–652. <https://orcid.org/0009-0004-3237-6640>

Ramos Martínez, L., & Rueda Beltrán, M. (2020). Rasgos distintivos de las evaluaciones formativas para el desempeño docente. *Perfiles Educativos*, 42(169). <https://doi.org/10.22201/iisue.24486167e.2020.169.59287>

Rendón Padilla, R., & Monroy, R. I. (2023). La retroalimentación como elemento esencial de la evaluación formativa. *Revista Holón*, 1(4), 44-56.

Riveros, H. G. (2020). La enseñanza de las Ciencias Naturales en la educación básica. *Revista Mexicana de Física E*, 17(1), 41–46.

Rosario-Carela, J. (2022). Evaluación de los aprendizajes por competencias en ciencias naturaleza del nivel

secundario. Aproximaciones teóricas. *Polo de conocimiento*, 7(11), 1537-1558. DOI: 10.23857/pc.v7i8

Soto Vélez, M. I., & Soto Licona, M. (2024). Visiones actuales de la educación dialógica. *Punto Educativo*, 1(1), 48–60.

Stanja, J., Gritz, W., Krugel, J., Hoppe, A., & Dannemann, S. (2022). Formative assessment strategies for students' conceptions—The potential of learning analytics. *British Journal of Educational Technology*, 53(6), Article e13288. <https://doi.org/10.1111/bjet.13288>

Ugwumaduka, E. B., & Ogunyemi, O. T. (2021). Formative assessment, feedback, remediation and students' academic achievement in Basic Science: A quasi-experiment. *Journal of Curriculum and Instructional Studies*, 6(3).

Varela de Moya, H. S., García González, M. C., & Correa Simón, Y. (2021). Aprendizaje basado en problemas para la enseñanza de las Ciencias Naturales. *Revista Humanidades Médicas*, 21(2), 1–10.

Yaroshenko, O., Korshevniuk, T., & Vashchenko, L. (2024). Formative assessment as a factor in modernizing the teaching of natural science subjects. *Continuing Professional Education: Theory and Practice*, 78(1), 56–73. DOI:10.28925/1609-8595.2024.1.5

Zhu, M., Liu, O. L., & Lee, H.-S. (2020). The effect of automated feedback on revision behavior and learning gains in formative assessment of scientific argument writing. *Computers & Education*, 143, 103668. : <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360131519302210>