

La evaluación del aprendizaje en proyectos interdisciplinarios

Assessment of Learning in Interdisciplinary Projects

Nicole Glock Maceno,¹ Eduarda Giese¹ y Natacha Morais Piuco^{1†}

Resumen

Este ensayo ofrece una reflexión teórica sobre la evaluación del aprendizaje en proyectos interdisciplinarios en el área de Ciencias Naturales y sus Tecnologías. A partir de los aportes de Gipps (1999), Crossouard (2009) y Maceno y Giordan (2024) sobre la evaluación desde una perspectiva sociocultural, se analizan las posibilidades de comprender los procesos de elaboración de significados mediante evaluaciones multimodales. Se plantea una propuesta para estructurar actividades de evaluación semiótica en proyectos guiados por problemas sociocientíficos, considerando diversas formas de representación y comunicación en química. Asimismo, se examina la relación entre evaluación y problemas sociocientíficos, con el fin de incorporar prácticas evaluativas calificadas que valoren los procesos de significación. El ensayo incluye ejemplos aplicables al aula, centrados en el contenido de estequiometría.

Palabras clave: evaluación del aprendizaje, proyectos interdisciplinarios, problemas sociocientíficos, educación en química, perspectiva sociocultural.

Abstract

This essay offers a theoretical reflection on the assessment of learning in interdisciplinary projects in the field of Natural Sciences and Technologies. Drawing on the contributions of Gipps (1999), Crossouard (2009), and Maceno and Giordan (2024) regarding assessment from a sociocultural perspective, it analyzes the possibilities for understanding meaning-making processes through multimodal evaluations. The essay proposes a framework for structuring semiotic assessment activities in projects guided by socioscientific issues, taking into account various forms of representation and communication in chemistry. It also examines the relationship between assessment and socioscientific issues, with the aim of incorporating qualified assessment practices that value meaning-making processes. The essay includes classroom-applicable examples focused on stoichiometry content.

Keywords : assessment of learning, interdisciplinary projects, socioscientific issues, chemistry education, sociocultural perspective.

CÓMO CITAR:

Glock Maceno, N., Giese, E., y Morais Piuco, N. (2025, julio-septiembre). La evaluación del aprendizaje en proyectos interdisciplinarios. *Educación Química*, 36(3). <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2025.3.90560>

¹ Universidad Estatal de Santa Catarina, Brasil.

La evaluación del aprendizaje desde la perspectiva sociocultural y los proyectos interdisciplinarios

Uno de los principales desafíos actuales en la planificación de proyectos interdisciplinarios consiste en delinear propósitos y actividades que permitan desarrollar y distribuir la evaluación en el tiempo y el espacio del aprendizaje. Preparar la evaluación constituye un mecanismo esencial para articular las habilidades necesarias para comprender los procesos de elaboración de significados, de modo que los estudiantes participen activamente en este proceso. Cada vez se exigen nuevas formas de enseñar y acompañar continuamente a los estudiantes, en un contexto de transformación que también demanda que la evaluación se realice mediante diversas formas, instrumentos y modalidades. Estas deben permitir valorar lo que los estudiantes han sido capaces de producir y aprender, así como servir de base para nuevas prácticas pedagógicas (Maceno, 2020; Maceno y Giordan, 2024) y para analizar el proceso de significación del conocimiento.

En las últimas décadas, las instituciones educativas han empleado diversas formas de evaluación, ya sea para analizar el proceso de elaboración de significados de los conceptos, identificar lo que los estudiantes son capaces de hacer y responder, rendir cuentas a las políticas educativas, evaluar el trabajo escolar, certificar aprendizajes o incluso organizar el currículo. Así, múltiples propósitos se asocian a la evaluación. Al integrar nuevas finalidades, esta ha sido utilizada como respuesta a las exigencias de una sociedad que intensifica las contingencias sobre la creación de nuevas relaciones de trabajo entre profesores y estudiantes —como el uso de tecnologías digitales—, considera las características del alumnado, responde a las demandas de una educación especial necesaria o se adapta a la enseñanza a distancia. También destaca el uso de diversas formas de comunicación y representación (Maceno y Giordan, 2024), así como la orientación de las actividades evaluativas mediante problemas sociocientíficos (Silva, Lins y Leão, 2019).

En este contexto, dada la centralidad de la evaluación en el aprendizaje, se ha buscado ampliar el tiempo y el espacio dedicados a esta en las propuestas curriculares, con el objetivo de reducir tensiones asociadas a la asignación de calificaciones, la reprobación, la certificación de la escolaridad y la selección de estudiantes para niveles educativos posteriores. En otras palabras, se procura ampliar y cualificar las relaciones en el aula entre docentes y estudiantes, identificando, interviniendo y mejorando las necesidades formativas en la educación escolar mediante la evaluación (Silva, Lins y Leão, 2019; Maceno y Giordan, 2024; Romero y Alquisira, 2024; Griebeler, Passos y Pazinato, 2024).

¿Cuál es la lógica de evaluar a los estudiantes en proyectos interdisciplinarios desarrollados en el aula? Experiencias formativas centradas en el principio de interdisciplinariedad han sido reportadas en la literatura, como las de Alda, Marcos-Merino y Gallego (2019) y Lopes y Oliveira (2021). En primer lugar, la evaluación en proyectos de esta naturaleza se justifica porque, al estar coordinada e impulsada por un problema sociocientífico auténtico y relevante, se crean formas de interpretar el desarrollo curricular y el logro de los objetivos educativos, además de generar nuevos contextos evaluativos (Maceno, 2020; Maceno y Giordan, 2024). Dado que las concepciones y propósitos de la evaluación pueden variar según el alineamiento conceptual que exprese las intenciones educativas del docente, la evaluación organiza, en parte, la acción docente en el aula, al buscar

atender los objetivos de enseñanza y guiar a los estudiantes hacia el conocimiento mediante un currículo, lo que requiere la definición de criterios para evaluar el trabajo estudiantil. Por lo tanto, es cuestionable concebir la evaluación como una mera complementación del currículo, siendo fundamental una relación recíproca entre la elaboración de currículos y las evaluaciones (Maceno, 2020; Maceno y Giordan, 2024).

Cuando se estructura un proyecto, la evaluación que se debe perseguir tiene como cualidad fundamental el uso de actividades en las que los estudiantes puedan producir y comprender la problematización de forma participativa e investigativa, contribuyendo a situaciones colaborativas donde se desarrolla el conocimiento. Es importante destacar que la evaluación es un trabajo interpretativo y valorativo sobre las situaciones de enseñanza y las operaciones con los conceptos, y que debe estar presente en cada etapa del proyecto para garantizar una mayor participación estudiantil y ofrecer experiencias donde sus conocimientos puedan ser analizados y aplicados. Estos múltiples momentos anclan una evaluación que puede conducir al aprendizaje, permitiendo que los estudiantes elaboren significados sobre lo que se enseña. Cuanto más diversificadas sean las actividades, herramientas y debates que integren las disciplinas, incorporen las contribuciones estudiantiles y valoren la colectividad, más productiva será la socialización de ideas sobre la ciencia (Maceno, 2020; Maceno, Luca y Santos, 2023; Maceno y Giordan, 2024). Al implementar este tipo de evaluación, basada en una mayor interactividad, los estudiantes tendrán mejores condiciones para aprender mediante el análisis de sus propios aprendizajes, ya sea a través de la autoevaluación o de la colaboración entre pares (Gipps, 1999; Crossouard, 2009; Maceno, 2020; Maceno y Giordan, 2024).

Es necesario recordar que muchas propuestas de evaluación dominantes en las escuelas son diseñadas por agentes externos a la institución o están, primordialmente, centradas en el profesor, quien expone la información, mientras los estudiantes la escuchan pasivamente, y cuya capacidad para reproducir lo informado se verifica por el número de respuestas correctas en pruebas de opción múltiple. También es frecuente el uso de exámenes nacionales como únicos medios de evaluación, los cuales se adoptan a menudo como modelos en el aula (Maceno y Giordan, 2019). Aunque un examen puede pretender un enfoque interdisciplinario y requerir conocimientos aplicados (Lopes y Oliveira, 2021), lo más común es que no presenten relaciones significativas con el contexto escolar. Aunque útiles para generar datos sobre los sistemas educativos, son de naturaleza y propósito distintos a los de la evaluación en el aula, pues constituyen mecanismos de análisis a gran escala con fines administrativos.

Los proyectos orientados por problemas interdisciplinarios requieren, por tanto, pensar en nuevas formas de evaluación que superen el enfoque exclusivamente métrico, la fragmentación del conocimiento, la verificación de contenidos y las actividades que exigen únicamente la repetición directa de información, sin mayores esfuerzos de interpretación y significación por parte de los estudiantes. Repensar la evaluación implica abordar un problema complejo mediante las terminologías, lenguajes y enfoques propios de las distintas esferas disciplinares. Dado que estas presentan sus propias especificidades, deben ser empleadas en el desarrollo de actividades que permitan resolver un problema sociocientífico. La integración de conocimientos a través de situaciones y experiencias evaluativas es fundamental para explorar la relevancia política, social, económica, histórica, cultural, ética y ambiental de dichos saberes.

En los proyectos, no solo debe prestarse atención a la enseñanza del problema sociocientífico, sino también a cómo incluir un conjunto de acciones y actividades que permitan evaluar mediante la integración de las esferas disciplinares, sin perder de vista el tema principal, de modo que los estudiantes puedan proponer soluciones que incorporen las fronteras conceptuales.

Para la química escolar, la orientación de la enseñanza y la evaluación mediante proyectos caracterizados por la integración curricular exige una actuación conjunta que articule diversos saberes (Maceno, 2020; Maceno y Giordan, 2024). La posibilidad de explorar proyectos con el objetivo de una formación ciudadana implica una visión más amplia sobre cómo los conocimientos de diferentes esferas se complementan, lo cual también debería caracterizar las evaluaciones integradas.

De acuerdo con Bacich y Morán (2018), el aprendizaje debe permitir el desarrollo profundo del conocimiento de forma orquestada, con articulaciones que posibiliten resignificar el contexto y abordar cuestiones sociocientíficas. Según estos autores, en esta metodología los estudiantes participan en tareas y desafíos para resolver un problema o desarrollar un proyecto vinculado con situaciones reales complejas y auténticas. Durante este proceso, experimentan proyectos interdisciplinarios, toman decisiones, actúan individualmente y en grupo, y desarrollan capacidades como el pensamiento crítico y creativo, además de adquirir la percepción de que existen múltiples formas de realizar un trabajo. En cuanto a la evaluación, destacan que se deben observar tanto el desempeño de los estudiantes durante las actividades como en la entrega de los proyectos.

El trabajo con proyectos estructurados a partir de la realidad permite, por ejemplo, superar la cultura escolar tradicional, promoviendo el diálogo y favoreciendo la comprensión desde diversos puntos de vista (Beyer y Uhmman, 2023; Maceno, Luca y Santos, 2023). Este enfoque integrador entre aprendizaje y evaluación, al centrarse tanto en el proceso como en el producto final, fortalece una comprensión más amplia del desempeño estudiantil, valorando no solo lo que se aprende, sino cómo se aprende, promoviendo así una evaluación más significativa y acorde con las demandas contemporáneas de formación ciudadana.

En estudios sobre proyectos realizados (Beyer y Uhmman, 2023; Giese, 2024; Giese y Maceno, 2024; Maceno, Luca y Santos, 2023), el enfoque se centra en la potencialidad de la integración mediante proyectos entre esferas disciplinares y áreas del conocimiento, con el propósito de ampliar los horizontes conceptuales del estudiantado a través de temáticas con significado relevante.

Mediante el análisis de materiales de Ciencias de la Naturaleza y sus Tecnologías, Beyer y Uhmman (2023) identificaron que los diez ejemplares analizados sobre proyectos interdisciplinarios propuestos en libros de texto brasileños abordaron la educación ambiental como tema, con potencial para promover una enseñanza desde una perspectiva crítica. Asimismo, señalaron que dichos libros exploran temáticas con el objetivo de desarrollar capacidades específicas de las Ciencias de la Naturaleza y sus Tecnologías, integradas con otras áreas (Beyer y Uhmman, 2023).

Desde una perspectiva ambiental, pero enfocada en el tema del océano, Giese y Maceno (2024) encontraron que los proyectos integradores seleccionados en libros de texto de Ciencias de la Naturaleza y sus Tecnologías en Brasil permiten una mayor atención a esta temática, aunque requieren más apoyo y mediación docente, ya que los libros analizados ofrecen un soporte limitado para el debate y la promoción de la cultura oceánica

en el marco de la Década del Océano (2021–2030). Esto podría restringir la efectividad en la elaboración de significados sobre el entorno marino en la educación secundaria, especialmente si no se acompañan de una evaluación integrada al proyecto.

En el estudio de Giese (2024), se reconoció que los proyectos integradores contribuyen de manera limitada a la valorización de conocimientos específicos de las áreas del saber, al menos en lo que respecta al tema del océano, incluso cuando están organizados en el ámbito de la Química, la Biología y la Física. Esto evidencia la necesidad de prestar mayor atención a la calidad de los proyectos integradores propuestos y estructurarlos junto con una evaluación consistente del proceso de construcción de significados.

Las orientaciones curriculares nacionales (Brasil, 1996; 2002) destacan la importancia de la interdisciplinariedad como principio educativo para orientar la planificación curricular, la práctica pedagógica y la metodología de enseñanza en la educación básica. Además, subrayan las posibilidades de integración entre disciplinas a través de objetos de estudio comunes, que permitan el desarrollo del aprendizaje en función del contexto cultural, histórico, social e institucional. Los proyectos deben integrar, esencialmente, una discusión interdisciplinaria que valore las contribuciones al conocimiento desde diversas áreas, así como las fronteras disciplinares, lingüísticas y culturales, para desarrollar las ideas científicas del estudiantado, lo cual también debe incorporarse en la evaluación.

Las orientaciones curriculares brasileñas también reafirmaron la necesidad de superar la enseñanza fragmentada y el tratamiento lineal y aislado de las esferas disciplinares, que históricamente han caracterizado la educación básica (Brasil, 1996; 2002; Maceno, 2020), fenómeno igualmente dominante en las evaluaciones de este nivel educativo (Maceno, 2020). Además de ser fundamental evaluar desde una perspectiva de formación amplia e integral, es necesario considerar cómo esta afecta al desarrollo de la persona y la construcción de identidades. Debido a sus implicaciones, se espera que el o la docente evalúe con base en la ética y el pensamiento crítico, dado que sus decisiones influyen en las elecciones de vida del estudiantado (Brasil, 1996; 2002; Maceno, 2020; González y Albarracín, 2020).

El desafío planteado por las orientaciones curriculares nacionales brasileñas radica en cómo organizar formas de evaluación basadas en un enfoque interdisciplinario que priorice las discusiones colectivas y el compromiso del estudiantado para considerar un problema real o comprender un fenómeno desde distintas perspectivas (Brasil, 1996, 2002). Conscientes de estas orientaciones, una evaluación que observe el principio de la interdisciplinariedad debe incorporar formas de valorar los eventos naturales y sociales para una comprensión más amplia del mundo, que promueva el desarrollo cognitivo, social y afectivo (Brasil, 1996; 2002; Maceno, 2020). Esta forma de evaluación transforma la relación entre lo aprendido y las experiencias vivenciales en las situaciones de aprendizaje, fomenta la autoevaluación y permite producir información que evidencie el aprendizaje, así como redirigir la enseñanza mediante la intervención docente y el análisis del grado de logro de los objetivos formativos (Brasil, 1996). Para ello, la evaluación debe caracterizarse por su continuidad y formar parte de la interacción sostenida entre docentes y estudiantes.

La continuidad y la dinámica deseadas para la evaluación introducen nuevas relaciones en las actividades escolares y en las interacciones en el aula, que contextualizan la multiplicidad de terminologías, lenguajes y saberes mediante objetos de estudio comunes, los cuales incorporan representaciones del mundo basadas en las esferas disciplinares

involucradas. Indiscutiblemente, el principio educativo de la interdisciplinariedad exige una evaluación que integre estas formas de representación y comunicación sobre un problema, de modo que el estudiantado tenga más oportunidades de expresar sus ideas (Maceno, 2020; Maceno y Giordan, 2024). Es necesario reconocer que esta producción de conocimiento proviene de la complejidad cultural y lingüística incorporada por la evaluación, donde las relaciones dinámicas y dialógicas entre docentes y estudiantes fortalecen sus capacidades productivas y cognitivas.

Esto representa una oportunidad para romper con la perspectiva punitiva de la evaluación, concebida únicamente como un momento de cierre o finalización de una propuesta didáctica, en detrimento del proceso de enseñanza y del currículo. Es fundamental contraponerse a la visión hegemónica de la evaluación como sinónimo de calificación o aciertos, centrada en la capacidad del estudiante para reproducir información previamente dictada por el profesorado. Las evaluaciones interdisciplinarias y basadas en problemas complejos, por el contrario, otorgan mayor centralidad al alumnado y su trabajo, ya sea por su contribución discursiva, su participación en la elaboración de ideas colectivas, la socialización de sus puntos de vista o la construcción de significados mediante análisis compartidos sobre lo aprendido y lo que aún necesita aprender.

En el caso de los proyectos interdisciplinarios, es conveniente que la evaluación sea procesal. Una evaluación procesal implica continuidad en el tiempo y en el espacio del aula, ya que requiere esfuerzos permanentes del profesorado para acompañar y orientar al estudiantado en su aprendizaje en Ciencias. En esta visión, todo el proceso de enseñanza está vinculado a alguna forma de evaluación, que permite al profesorado identificar en qué aspectos es necesario intervenir en el aula, en función del grado de comprensión del problema tratado. La evaluación procesal es practicada de manera continua e intencionada por el profesorado, considerando su compromiso y responsabilidad social en la enseñanza.

Como discute Vasconcellos (2010), la evaluación procesal se define como una constante reflexión y búsqueda de mejora en el trabajo docente. El profesorado busca brindar asistencia y apoyo continuo a los estudiantes en la elaboración de explicaciones para situaciones reales. Así, la noción de proceso se entiende como un acompañamiento sostenido, que pretende reducir gradualmente las dificultades, los problemas de confianza y la ansiedad del estudiantado a través del diálogo, disminuyendo así sus preocupaciones por las calificaciones y el fracaso escolar (Vasconcellos, 2010, p. 105), así como las tensiones y conflictos que con frecuencia genera la evaluación escolar. Otorgar mayor transparencia a lo que se evalúa —mediante juicios, síntesis y apreciaciones valorativas—, así como fomentar la reflexión y el posicionamiento crítico sobre los conocimientos producidos por el estudiantado, resulta esencial en el marco de los proyectos, al tiempo que se valora el trabajo colaborativo entre quien evalúa y quien es evaluado.

La evaluación procesal fomenta el intercambio y el monitoreo progresivo de las ideas y conocimientos del estudiantado. También promueve la elaboración de argumentos y la movilización de conocimientos en contextos diversos, tanto previstos como nuevos, en torno a un problema. De este modo, el alumnado puede percibir sus niveles de desarrollo, la calidad de su trabajo en las actividades y sus prácticas de estudio, así como identificar formas de avanzar en su aprendizaje con base en el problema planteado. Desde este enfoque, la evaluación no se restringe únicamente a quien enseña o a quien aprende para analizar el proceso de aprendizaje, sino que se construye de manera conjunta, con

el objetivo de identificar dificultades y favorecer el conocimiento necesario en torno a la temática propuesta. En consecuencia, la evaluación exige una investigación colaborativa sobre el grado de desarrollo del estudiantado a lo largo de las actividades, así como la toma de decisiones sobre lo que se requiere para la apropiación de los conocimientos.

Otro aspecto fundamental en la evaluación es la articulación de las dimensiones conceptual, procedimental y actitudinal, que integra los instrumentos, técnicas y actividades con juicios de valor sobre la calidad de la formación de conceptos, los procedimientos utilizados y las actitudes asumidas frente al problema investigado. La estructuración en torno a estos tres tipos de contenidos forma parte del abordaje teórico y metodológico en la enseñanza de la Química, y permite transitar entre principios, técnicas y conceptos fundamentales, al tiempo que se abordan cuestiones sociales, ambientales y contextos significativos para el aprendizaje (Sandri y Santin Filho, 2019), lo cual también debe considerarse en las actividades evaluativas.

Igualmente relevante, la evaluación puede fomentar una articulación ética y cultural, que exige el compromiso del estudiantado para compartir y ampliar los propósitos planteados por el profesorado, e incluso extenderlos a nuevas esferas disciplinares, contextos y relaciones. Desde esta perspectiva, la evaluación procesal problematiza la fragmentación del conocimiento. Al involucrar juicios de valor y apreciaciones sobre el trabajo realizado, la evaluación incide permanentemente en la vida y escolarización del estudiantado, por lo que su construcción depende de la capacidad de diálogo del profesorado (Jaquès, 2005), para introducir nociones de justicia y transparencia en el desarrollo humano. Como argumentan Fukai, Nazilian y Sato (2008, p. 389), “el proceso evaluativo se ve como interactivo, dinámico y colaborativo”, y está vinculado a los nuevos requerimientos sociales, así como a las demandas de comunicación y aprendizaje, lo que exige evaluaciones problematizadoras, orientadas a la concientización y a procesos mentales que contribuyan a la formación de valores educativos, éticos y actitudinales. En la práctica, el ambiente de aprendizaje debe propiciar una evaluación diversificada, cuyo tránsito entre las esferas cognitivas, culturales y sociales sea “mucho más que un resumen o índice de aprendizaje” (Harlen y James, 1997).

En conclusión, es innegable el impacto que pueden generar las evaluaciones inadecuadas en términos de conflictos y situaciones controvertidas en el aula, así como sus repercusiones en la vida, las decisiones futuras y la trayectoria escolar de los estudiantes. Por ello, las prácticas evaluativas deben ser incorporadas y analizadas en los proyectos, ya que, al estar orientados por problematizaciones que abordan aspectos sociales, cognitivos, éticos, afectivos y normativos, la evaluación también debe considerar dichos aspectos. Esto permitirá una reflexión amplia y formativa sobre el desarrollo cultural y la construcción de conceptos en el aprendizaje de las ciencias.

Integración del problema sociocientífico y la evaluación del aprendizaje

Para la enseñanza de la química en la educación escolar, la evaluación es un componente fundamental dentro de los proyectos educativos, en especial cuando el tema seleccionado promueve el desarrollo de procesos cognitivos y de aprendizaje. A partir del tema, se define una problematización sociocientífica que responde a una necesidad social específica del entorno escolar, comunitario o vecinal. Esta cuestión generadora estructura toda la dinámica de las actividades, los contenidos y los objetivos educativos (Giordan, 2008), incluida la evaluación.

Problematizar implica abordar los conocimientos desde el contexto del estudiantado, mediante cuestionamientos que den sentido a sus necesidades y vinculen los saberes científicos con su realidad cultural, social e histórica (Giordan, 2008; Maceno y Giordan, 2024). Además de la posibilidad de construir una narrativa temática local, el profesorado también puede optar por una narrativa de carácter global, que incorpore acontecimientos nacionales o internacionales más allá del entorno escolar (Giordan, 2008). La problematización permite relacionar las experiencias y contingencias del estudiantado con su vida cotidiana, al tiempo que promueve el aprendizaje de conocimientos, procedimientos y actitudes necesarias para abordar la cuestión generadora y avanzar en su formación científica.

Dado que la problematización debe estructurarse en torno a aspectos científicos y sociales, resulta fundamental su función articuladora para que el problema genere una trama narrativa en la que se integren conceptos científicos y prácticas sociales (Giordan, 2008). Esta articulación debe reflejarse también en la evaluación. Cuando la problematización sociocientífica se vincula a los contenidos y a la experimentación, ofrece oportunidades para integrar las acciones desarrolladas en la evaluación del aprendizaje.

Es importante que el proyecto se organice de manera que el estudiantado utilice una variedad de herramientas para investigar, de forma colaborativa, una problematización auténtica y sociocientífica. Esta problemática estructura toda la planificación, por lo que la evaluación también debe responder a esa lógica, integrando cuestionamientos relacionados con la investigación y la comunicación, así como con los contenidos, objetos de enseñanza, dinámicas y metodologías empleadas. Para lograrlo, el profesorado debe mediar y consolidar la evaluación a lo largo de todo el proyecto, articulando constantemente los contenidos con la problematización sociocientífica.

Otro aspecto relevante en la evaluación es que motive al estudiantado a generar formas de representación y comunicación a lo largo del proceso de investigación y del conocimiento adquirido (Maceno, 2020; Maceno y Giordan, 2024). Las situaciones de evaluación deben considerar el uso de conceptos, procedimientos y actitudes que permitan al estudiantado interpretar fenómenos naturales y reconocer las características y contenidos que dan forma a su pensamiento científico. Las representaciones, actividades, acciones y herramientas seleccionadas para la evaluación deben evocar permanentemente el tema, de modo que favorezcan la construcción de conceptos.

Al diseñar situaciones para resolver la problematización, el profesorado puede evaluar al estudiantado desde diversas dimensiones: sociales, tecnológicas, científicas, históricas, entre otras. Dado que la evaluación favorece el desarrollo del pensamiento verbal y del lenguaje al establecer relaciones entre conceptos concretos o abstractos y sus significados, puede asumirse de manera individual, colectiva, entre pares o mediante autoevaluación. Esto permite al profesorado fomentar diversas formas de trabajo colaborativo, debates y argumentación sobre el tema abordado. También es fundamental considerar formas superiores de pensamiento, orientadas por ejes y conceptos estructuradores del conocimiento, así como interacciones que propicien una participación activa del estudiantado en su propio desarrollo cognitivo (Giordan, 2008). Considerar estas múltiples dimensiones amplía las posibilidades de participación del estudiantado en el debate público sobre el tema y en la evaluación de su aprendizaje.

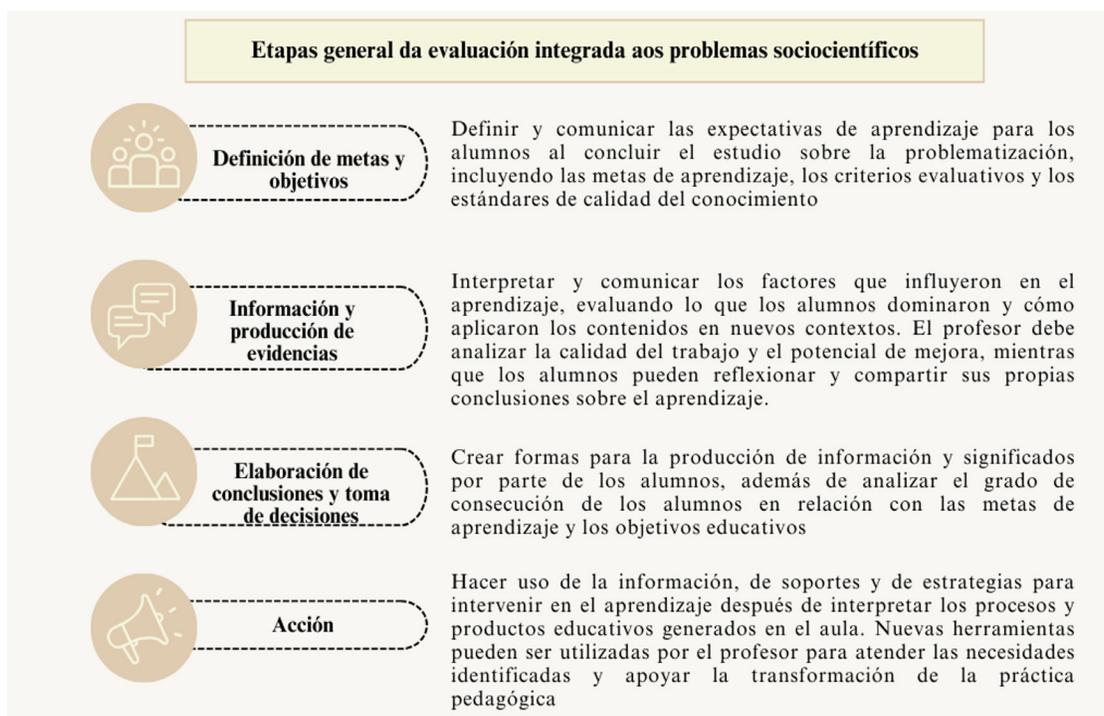
Desde esta perspectiva, el profesorado no solo debe informar los resultados, sino intervenir activamente en el proceso de aprendizaje. La evaluación, como aliada de las actividades de enseñanza sobre un tema relevante, puede desarrollar la autonomía y el compromiso del estudiantado, al involucrarlo en el seguimiento de su propio proceso de aprendizaje (Willis, 2008; Crossouard, 2009; Maceno y Giordan, 2024). De esta forma, la evaluación se resignifica y se repositona, ya que, al distribuirse procesualmente a lo largo del proyecto, supera la idea de ser un acto final que excluye las contribuciones del estudiantado. Una evaluación integrada al flujo de enseñanza-aprendizaje impulsa el cuestionamiento colectivo sobre la problematización, generando espacios para compartir significados en procesos sociales.

Como se ha señalado, la evaluación no se reduce a la aplicación de pruebas escritas o exámenes de opción múltiple que buscan medir lo aprendido mediante patrones fijos. También se manifiesta en el uso del lenguaje, en las interacciones entre el profesorado y el estudiantado, en los momentos en que se discuten, analizan proposiciones y explicaciones, y se dialogan ideas científicas, tecnológicas o sociales. Dado que el aprendizaje rebasa la simple adquisición de conocimientos y forma parte de una práctica social en el mundo vivido, la evaluación debe integrar dimensiones sociales e identitarias que involucren al estudiantado en tareas auténticas y con relación entre disciplinas (Crossouard, 2009). Así, la autenticidad de la evaluación desafía las propuestas curriculares fragmentadas o prescriptivas, y abre paso a problematizaciones sobre el mundo real (Engeström, 1987; Crossouard, 2009).

Al instituir funciones, divisiones del trabajo y ciertas formas de organización social, el aula genera contextos únicos para la evaluación del aprendizaje científico y para la formación ciudadana. El lenguaje es la herramienta principal que permite al profesorado y al estudiantado trabajar de forma conjunta con la comunidad, acompañado de otros recursos mediadores. Como estos procesos están guiados por reglas, normas y convenciones sociales, la evaluación en el aula entrelaza los contenidos con la cuestión generadora, evidenciando el dominio científico, la construcción de significados y el ejercicio ciudadano del estudiantado (Willis, 2008; Crossouard, 2009; Maceno, 2020; Maceno y Giordan, 2024). Es esencial que el profesorado incorpore herramientas culturales y proponga su uso por parte del estudiantado, de modo que este demuestre un dominio contextualizado de los contenidos en función de las situaciones de uso. En este sentido, la evaluación puede realizarse de dos maneras: de forma restringida, mediante ejemplificaciones abordadas en clase o situaciones ficticias sin relación con la realidad; o mediante situaciones nuevas e imprevistas que exijan un uso autónomo de los conocimientos por parte del estudiantado.

Para integrar problemas sociocientíficos en la evaluación de proyectos de enseñanza, se proponen los siguientes pasos generales, que el profesor puede retomar tantas veces como sea necesario (Cuadro 1). A partir de estas etapas generales y recursivas, se recomienda que, en su planificación, el docente combine diversas formas de evaluación que permitan interpretar y generar evidencias del aprendizaje de los estudiantes durante su participación en los procesos educativos dentro de una comunidad. Esto parte del reconocimiento de que el conocimiento se construye tanto social como cognitivamente, mediante el uso diversificado de herramientas, la integración en una cultura determinada, el empleo del lenguaje y las relaciones establecidas en función de las posibilidades de aprendizaje (Gipps, 1999; Willis, 2008).

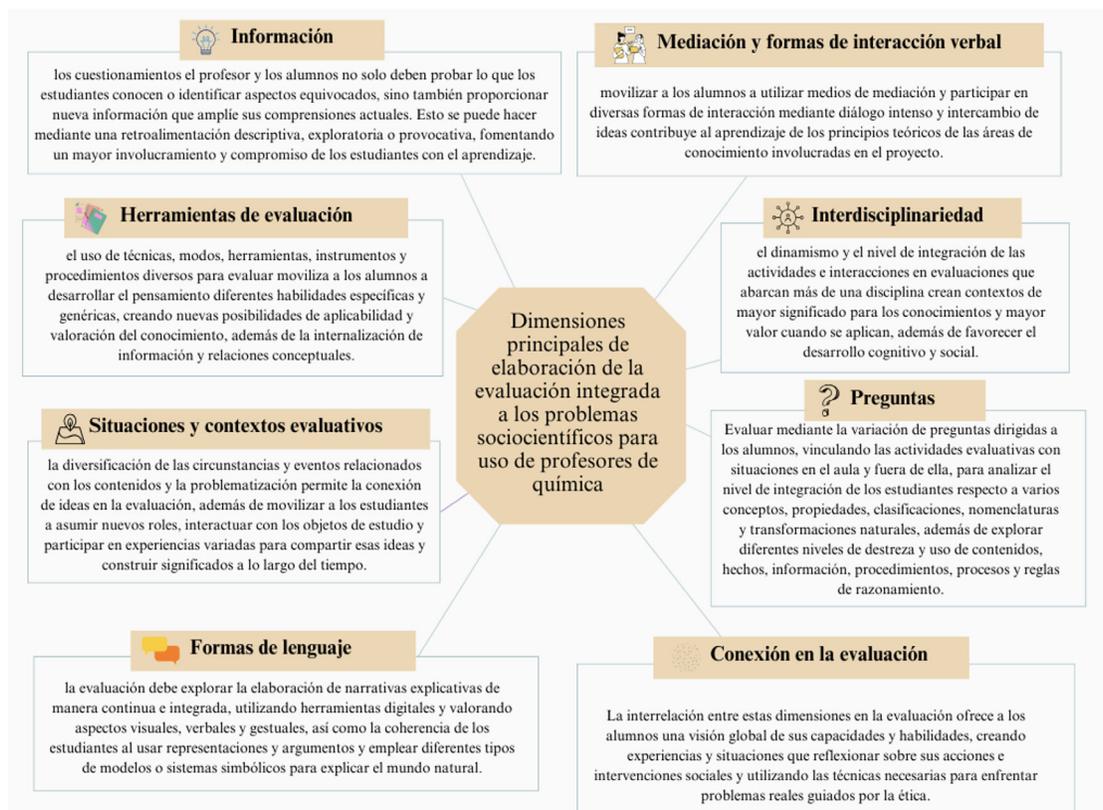
Se espera que la evaluación genere oportunidades de compromiso y activismo, favoreciendo un mejor desempeño en la investigación y la comprensión de la problematización. En este sentido, es fundamental definir metas y objetivos, informar y generar evidencias, elaborar conclusiones sobre los resultados y tomar decisiones para intervenir en el aprendizaje, lo cual debe ocurrir en todas las fases de desarrollo del proyecto. Estas etapas generales (Cuadro 1) ofrecen al profesor la oportunidad de desarrollar estrategias y procesos de aprendizaje, así como identificar otras temáticas relevantes que puedan ser exploradas en proyectos futuros.



CUADRO 1. Etapas generales de la evaluación integrada a los problemas sociocientíficos para uso de profesores de química.
Crédito: elaboración propia.

Al seguir las orientaciones indicadas (Cuadro 1), es posible crear contextos únicos de evaluación, lo que la convierte en una evaluación situada; es decir, contextualizada según el intercambio de ideas entre estudiantes y profesor durante una actividad conjunta, atendiendo a las características y convenciones sociales propias y de la comunidad de origen. Dado que es necesario analizar las ideas y explicaciones de los estudiantes en torno a la problematización, también se deben considerar, para la evaluación, los aspectos señalados en el Cuadro 2, como una forma de apoyar a los docentes en la elaboración de propuestas de enseñanza interdisciplinaria.

En este marco, la evaluación debe vincularse con los conceptos. Puede explorar relaciones de generalización e integración conceptual relacionadas con representaciones macroscópicas, submicroscópicas y simbólicas; fenómenos y procesos observables; información sensorial y mediciones; así como fórmulas, predicciones y leyes que permitan interpretar y prever las propiedades y el comportamiento general de sistemas, fenómenos, sustancias y movimientos. Asimismo, debe considerar las operaciones realizadas por los estudiantes en relación con patrones, parámetros y variables; la articulación entre construcciones teóricas y datos empíricos; y el uso de representaciones mediante símbolos, fórmulas y ecuaciones.



CUADRO 2. Dimensiones principales para la elaboración de la evaluación integrada a los problemas sociocientíficos para uso de profesores de química.

Crédito: elaboración propia.

También resulta relevante incorporar experimentos en la evaluación. El profesor puede valorar el desempeño experimental de los estudiantes mientras preparan, ejecutan, discuten y elaboran explicaciones sobre un experimento, observando cómo organizan y trasladan los datos obtenidos a representaciones gráficas, cómo interpretan los resultados mediante herramientas de visualización y representación química, y cómo desarrollan habilidades táctiles y espaciales.

Para intensificar las formas de retroalimentación, el docente debe comunicar de manera clara y explícita los propósitos de la evaluación y los procedimientos para el análisis del trabajo estudiantil. Además, debe propiciar experiencias que permitan a los alumnos evaluar su propio trabajo o el de sus compañeros, ofreciendo retroalimentación prospectiva sobre las tareas realizadas y ajustando las actividades de aprendizaje con base en lo identificado durante los procesos evaluativos.

Los conceptos deben interpretarse en términos de formación: la observación y el análisis del progreso de los estudiantes en sus formas de pensar sobre el tema pueden llevarse a cabo mediante situaciones estructuradas que evalúen la construcción de conceptos, valorando cómo estos se entrelazan con procedimientos y actitudes relacionados con el problema investigado. Las reflexiones sobre los resultados de las actividades evaluativas y los estándares de calidad surgen de la socialización de los productos y resultados durante el proceso de evaluación. Además de contribuir a la comprensión del problema y del tema del proyecto, estas reflexiones permiten que los estudiantes tomen conciencia de lo que han aprendido, de sus hábitos de estudio, de aquello que necesitan mejorar, del tipo de apoyo que requieren del docente y de cómo asumir una mayor responsabilidad y compromiso para ampliar sus horizontes conceptuales.

Planificación y desarrollo de la evaluación en proyectos para profesores

La planificación de un proyecto requiere explicar las formas, dinámicas y funciones de la evaluación, mientras que su desarrollo implica, además, definir cómo esta será utilizada de manera efectiva para la construcción del conocimiento en Ciencias. En resumen, primero es necesario atribuir forma y contenido a la evaluación para alcanzar aquello que se considera relevante aprender, tanto en términos de problematización como de habilidades específicas. En segundo lugar, es preciso reflexionar sobre el modo en que la evaluación será utilizada por docentes y estudiantes para implementar los cambios necesarios.

La manera en que se planifica la evaluación en un proyecto merece especial atención, ya que constituye una estrategia curricular, metodológica y pedagógica. El profesorado desarrolla su conocimiento sobre la evaluación con base en la experiencia, a partir de comprensiones profundas de conceptos y de la capacidad de aplicarlos en situaciones particulares de enseñanza (Lyon, 2013). El “cómo hacer” y el “cómo usar” surgen de la aplicación flexible de estos principios en la práctica y de la adaptación constante a contextos cambiantes en el aula. Por ello, una de las cuestiones enfatizadas en torno a la evaluación se refiere a la relación entre comprender y utilizar (Lyon, 2013).

Lyon (2013) sugiere que, para planificar la evaluación, son fundamentales tres dimensiones:

a) Diseño teórico alineado y cohesivo. La evaluación en un proyecto debe estar alineada y ser teóricamente coherente con las orientaciones curriculares. A nivel del aula, debe centrarse en la interpretación confiable del trabajo de los estudiantes en relación con los conocimientos abordados. Para ello, las herramientas empleadas deben generar datos sobre la coherencia entre los objetivos de aprendizaje, las actividades evaluativas y las evidencias producidas, de acuerdo con los criterios establecidos a lo largo del proyecto.

b) Uso y apoyo al aprendizaje. El uso de la evaluación se enfoca en las acciones del docente a partir de la información obtenida en las actividades evaluativas. Esta información debe emplearse explícitamente para revisar aspectos formativos, comunicar hallazgos y ofrecer retroalimentación al estudiantado. Este proceso comunicativo incluye también información generada por los propios estudiantes sobre sus tareas evaluativas, a fin de fomentar la autoevaluación y la evaluación entre pares, mediante interpretaciones y juicios compartidos. Dicha comunicación se guía por preguntas clave: ¿qué objetivos se quieren alcanzar?, ¿cómo interpretar la información generada?, ¿qué acciones pueden emprenderse?, y ¿de qué forma apoyar el aprendizaje?

c) Equidad y principios éticos. En proyectos que integran diferentes lenguajes y culturas, es fundamental que la evaluación considere la diversidad del estudiantado. Dado que los estudiantes provienen de diversos grupos sociales, la evaluación debe ser justa y alinearse con sus aspectos culturales y lingüísticos, para ofrecerles oportunidades equitativas de demostrar sus conocimientos. También es importante tener en cuenta cuestiones tanto locales como globales.

El Cuadro 3 destaca aspectos generales para la planificación de la evaluación y resulta útil como guía para docentes de Educación Básica en la elaboración de proyectos interdisciplinarios.

| Aspecto | Descripción |
|---|---|
| 1. Caracterización del público objetivo | Comprender a los estudiantes y la realidad social para evaluar el tema propuesto y la significación del contenido escolar. El conocimiento sobre el público objetivo y el contexto escolar amplía las evidencias y las posibilidades de evaluación. Las interacciones en clase permiten discutir los elementos culturales vinculados a la escuela y la comunidad. |
| 2. Selección temática | El tema juega un papel central en la integración de las disciplinas: es el mecanismo para investigar un problema auténtico y relevante para la comunidad escolar y su entorno. Establece lo que debe enseñarse, cómo debe enseñarse y orienta las actividades evaluativas. |
| 3. Evaluación y problematización | Las actividades evaluativas deben estar contextualizadas, es decir, basadas en discusiones, ideas, información y el análisis del conocimiento en el contexto de los estudiantes. La problematización se aborda de forma general, considerando puntos de vista éticos, ambientales, políticos y económicos. La evaluación tiene una doble función: desencadenar un análisis crítico del problema y evaluar la calidad del aprendizaje. |
| 4. Integración | Todas las actividades evaluativas deben incorporar las disciplinas que dieron origen al proyecto. Los profesores deben tener claridad sobre qué disciplinas se explorarán y cómo los cuestionamientos se dirigirán según el conocimiento especializado que se desea evaluar. Se deben evaluar la capacidad de los estudiantes para articular explicaciones sobre la narrativa temática de forma más amplia y las interacciones entre áreas de conocimiento especializado. |
| 5. Dimensiones evaluativas | La evaluación debe combinar preguntas y actividades que analicen la comprensión de los estudiantes sobre los fenómenos naturales, utilizando símbolos, imágenes e ideas representativas de la realidad. Se debe evaluar el uso de herramientas culturales de la ciencia escolar y la toma de decisiones en relación con los valores, actitudes y reglas que guían el posicionamiento crítico de los estudiantes. |
| 6. Actividades evaluativas | El profesor debe planificar las dinámicas de las actividades a realizar en clase, considerando los recursos materiales y simbólicos necesarios para evaluar y promover diversas formas de interacción entre el profesor y los estudiantes. Las actividades deben alternar momentos de exposición por parte del profesor con el debate de los puntos de vista de los estudiantes y el análisis de las ideas expresadas. |
| 7. Tiempo y espacio de evaluación | La evaluación debe ser continua a lo largo del proyecto, sin ser fragmentada o puntual. A lo largo de la narrativa temática, tanto el profesor como los estudiantes pueden evaluar las respuestas y las ideas expresadas en las actividades. Se deben generar evidencias sobre el entendimiento de los estudiantes acerca de la problematización, y se debe promover la discusión interdisciplinaria. |
| 8. Niveles de dominio y apropiación de los conocimientos | El profesor puede movilizar a los estudiantes para desarrollar habilidades de investigación, selección, interpretación, debate y evaluación de la información sobre el tema. La evaluación debe integrar procesos de cuestionamiento, exhibición pública de ideas y posicionamientos críticos que requieran diferentes niveles de información, argumentación y explicación. |

CUADRO 3. Aspectos generales en la planificación de la evaluación en la Educación Básica.

Crédito: elaboración propia.

| | |
|---|--|
| 9. Rúbricas, criterios y herramientas | La creación de rúbricas, criterios y herramientas de evaluación permite indicar de manera explícita las metas de aprendizaje, el rendimiento esperado de los estudiantes, y los conocimientos a ser comprendidos. Estas herramientas proporcionan condiciones para evaluar la calidad del aprendizaje y determinar si los objetivos han sido alcanzados. |
| 10. Intervención | Tras identificar brechas en el conocimiento, el profesor puede dividir tareas, solicitar nuevas investigaciones y definir medios y recursos para facilitar el aprendizaje. Las intervenciones promueven el redireccionamiento de los estudiantes, brindándoles asistencia para desarrollar habilidades no alcanzadas. |
| 11. Comunidad, acciones y productos colectivos | La evaluación de fenómenos naturales y valores puede ser generada a través de actividades y discusiones que resulten en la creación de productos educativos (pósters, folletos, guías, etc.). Estos productos, una vez evaluados, pueden ser utilizados por los estudiantes para promover acciones colectivas dirigidas a la comunidad, contribuyendo a la divulgación de la ciencia escolar y la sensibilización de la comunidad. |

Como se señala en dicho cuadro, deben considerarse once aspectos al planificar la evaluación en proyectos orientados por problemas sociocientíficos. Las formas y dimensiones evaluativas adoptadas deben atender a las condiciones espacio-temporales de la enseñanza, incorporar la multimodalidad (Maceno y Giordan, 2024) y analizar los niveles de dominio y apropiación del conocimiento. Esto puede llevarse a cabo mediante rúbricas, criterios u otras herramientas, con el objetivo de generar significados que respondan al propósito principal de las actividades evaluativas: asegurar que los temas seleccionados tengan impacto en la comunidad y desemboquen en productos colectivos dentro de los proyectos integradores.

En este contexto, los conceptos de *dominio* y *apropiación*, según Wertsch (1998), se refieren a diferentes formas de uso de herramientas culturales, fundamentales para la evaluación educativa. El dominio implica el uso habitual de una herramienta en contextos específicos, sin una comprensión profunda de sus funciones o teorías subyacentes. En este nivel, el estudiante emplea las herramientas de forma restringida a los ejemplos abordados en clase, sin relacionarlos con la realidad. En cambio, la apropiación supone integrar la herramienta en el horizonte conceptual del estudiante, permitiendo su uso intencional y flexible en distintos contextos.

La evaluación suele priorizar el dominio técnico, generando un desfase respecto a un aprendizaje más amplio, pues no explora cómo el estudiante transita entre distintas esferas de comunicación y actividad. La apropiación, en cambio, está mediada por factores socioculturales e interaccionales, por lo que es esencial considerar cómo los estudiantes otorgan significado y aplicabilidad a las herramientas en sus prácticas.

Una evaluación centrada únicamente en el dominio puede resultar insuficiente para valorar el potencial de apropiación, lo que limita la posibilidad de aplicar el conocimiento en contextos reales y diversos. Los proyectos integradores basados en problemas sociocientíficos permiten al docente evaluar ambos aspectos —dominio y apropiación—, facilitando la articulación entre el conocimiento escolar y situaciones con sentido. Así, una planificación evaluativa que valore la apropiación permite un análisis más amplio del aprendizaje, no limitado al rendimiento inmediato, sino enfocado en la transferencia y adaptación de saberes.

Mientras que el dominio refleja la destreza técnica en contextos específicos, la apropiación evidencia cuánto del conocimiento se vuelve significativo y funcional para el estudiante en sus prácticas sociales y culturales. Por ello, herramientas como rúbricas y criterios bien definidos deben integrar tanto la ejecución técnica (dominio) como la comprensión conceptual y contextual (apropiación), a fin de capturar dimensiones más completas del aprendizaje. Al enfocarse en la apropiación, la evaluación promueve que el estudiantado reconozca el valor de las herramientas culturales en diversas esferas de uso.

Además de los aspectos señalados en el Cuadro 3, el Cuadro 4 presenta una caracterización global de los criterios de evaluación que deben considerarse al estructurar proyectos interdisciplinarios en Educación Básica. Desde la planificación, es importante que el profesorado adopte un enfoque interdisciplinario que incorpore actividades críticas y reflexivas, con el fin de explorar distintos contextos que favorezcan el uso de herramientas de mediación e interacción. Este cuadro guía el proceso de planificación mediante la estandarización de criterios y parámetros vinculados con una temática sociocientífica e integrando diversas áreas del conocimiento.



CUADRO 4. Caracterización global de criterios de evaluación en proyectos integradores en la Educación Básica.

Crédito: elaboración propia.

Como complemento, el Cuadro 5 ofrece ejemplos de temáticas sociocientíficas para estructurar proyectos interdisciplinarios, junto con preguntas orientadoras, objetivos generales y sugerencias de evaluación que también integran la multimodalidad en la enseñanza de la química (Maceno, 2020; Maceno y Giordan, 2024).

| Proyecto Interdisciplinario I | |
|---|--|
| Pregunta generadora | ¿Cómo la estequiometría nos ayuda a calcular la cantidad de gas necesaria para inflar un airbag y cómo esta tecnología ha impactado en la seguridad vehicular en los últimos años? |
| Contexto | El airbag es un dispositivo de seguridad diseñado para proteger a los ocupantes de un vehículo en caso de colisión (Oliveira et al., 2006). Su sistema de activación involucra una resistencia eléctrica y una mezcla de azida de sodio (NaN_3), nitrato de potasio (KNO_3) y dióxido de silicio (SiO_2). Durante el impacto, un sensor activa la resistencia, eleva la temperatura a 300°C y provoca la descomposición de la azida de sodio (NaN_3) en gas nitrógeno (N_2) y sodio metálico (Na). El sodio metálico (Na), al reaccionar con el nitrato de potasio (KNO_3), libera más gas nitrógeno (N_2) y forma óxidos de sodio (Na_2O) y potasio (K_2O). |
| Interdisciplinaridad | En este proyecto, los estudiantes podrán estudiar la reacción química de descomposición de la azida de sodio utilizada en los airbags mediante cálculos estequiométricos para determinar la cantidad necesaria de azida de sodio para inflar este dispositivo de seguridad de 70 L, considerando la Ley de los Gases Ideales y las condiciones experimentales (presión, temperatura y volumen). Los estudiantes podrán aplicar conceptos de Física y Matemáticas para calcular la fuerza de impacto durante una colisión vehicular, considerando la conservación del momento y las Leyes de Newton del movimiento, además de realizar un análisis comparativo de los efectos del uso y la ausencia de airbags, con énfasis en la protección que estos ofrecen al cuerpo humano (Biología). Desde la perspectiva de Historia, Geografía y Sociología, los estudiantes analizarán los impactos históricos, sociales y tecnológicos de estos dispositivos de seguridad vehicular. Finalmente, podrán crear un infográfico o un mapa mental (Lengua y Arte) sobre el funcionamiento del airbag, incorporando los aspectos científicos, históricos y sociales del tema a partir de videos y discusiones en contextos educativos. |
| Sugerencia de actividad evaluativa | Los estudiantes visualizarán videos que abordan diferentes formas de representación (imagen, escritura, auditiva y espacial) sobre el funcionamiento de los airbags, basándose en las fuentes Lesics (2021) y Knupp (2019). A continuación, deberán elaborar y presentar un mapa mental o infografía (imagen, escritura y oralidad) que sintetice los principales temas discutidos, incluyendo: la descomposición de la azida de sodio, la explicación física de la fuerza de impacto y la conservación de la energía, la protección que ofrecen al cuerpo humano, los avances tecnológicos en seguridad automotriz y las implicaciones históricas y sociales relacionadas con el uso y las fallas de los airbags, tal como se reporta en noticias (escritura e imagen). Además, se podrá realizar un experimento demostrativo (imagen, gestualidad, oralidad, noción espacial) que simule el despliegue de los airbags, siguiendo la propuesta de Oliveira et al. (2006). Complementariamente, se llevará a cabo un estudio dirigido (escritura, gráficos, imagen) con preguntas que incluyan cálculos estequiométricos sobre la reacción de descomposición de la azida de sodio, la aplicación de la ley de los gases y aspectos de cinética química. Este estudio podrá incorporar representaciones visuales y gráficas, como un gráfico que ilustre la variación de la concentración de azida de sodio y de gas nitrógeno a lo largo del tiempo. |

CUADRO 5. Sugerencias de proyectos interdisciplinarios y evaluación para la Educación Básica.
 Crédito: elaboración propia.

| Proyecto Interdisciplinario II | |
|---|--|
| Pregunta generadora | ¿Cómo puede aplicarse la estequiometría para calcular la cantidad de sustancia necesaria para neutralizar el ácido clorhídrico derramado en el vuelco de un camión, considerando las implicaciones ambientales y sociales de dicho accidente? |
| Contexto | El transporte de sustancias químicas es una actividad esencial para su uso en la industria. Durante el transporte en camiones, pueden ocurrir derrames de sustancias como el ácido sulfúrico o clorhídrico, provocando reacciones químicas en el entorno, tales como la corrosión de materiales, la alteración drástica del pH de cuerpos de agua y las interacciones con compuestos del suelo, lo que potencia los daños al ecosistema y a los organismos vivos. |
| Interdisciplinaridad | En este proyecto, a partir de una noticia (Lengua y Literatura) sobre el vuelco de un camión que transportaba ácido, los estudiantes podrán emplear la estequiometría para calcular las cantidades necesarias de una base para neutralizar el ácido derramado, considerando su concentración y volumen (Química y Matemáticas). También podrán formular hipótesis sobre las sustancias que podrían utilizarse para esta neutralización y determinar las cantidades adecuadas. Será posible abordar el cálculo de la energía cinética del camión antes del accidente, considerando su masa y velocidad, así como el análisis de la fuerza de impacto en el momento de la colisión, basado en la segunda ley de Newton. En este contexto, la aceleración se estimará a partir de la variación de la velocidad y el tiempo de impacto (Física). Finalmente, se discutirán las consecuencias ambientales, sociales y económicas del accidente, teniendo en cuenta la ubicación geográfica y las condiciones ambientales del lugar, además de los efectos del ácido sobre la salud humana y animal (Geografía y Biología). |
| Sugerencia de actividad evaluativa | A partir de una noticia (escritura e imagen) sobre el derrame de ácido clorhídrico de un camión volcado en una carretera en São Paulo, los estudiantes analizarán los impactos de este accidente. Para ello, participarán en discusiones grupales (oralidad) y redactarán un informe (escritura) respondiendo al siguiente cuestionario: 1) ¿Qué se sabe sobre la sustancia transportada por el camión? ¿Cuáles son sus propiedades químicas y riesgos? 2) ¿Qué sustancias pueden usarse para neutralizar el ácido clorhídrico? 3) ¿Cuál es la reacción de neutralización? Incluya un dibujo de las estructuras químicas de las sustancias involucradas (noción espacial). 4) Sabiendo que el camión estaba cargado hasta su capacidad máxima, ¿qué cálculos serían necesarios para neutralizar completamente el ácido derramado en el suelo, considerando el volumen total derramado y una concentración del 37% del ácido? 5) Considerando que el camión tenía una masa de 32 toneladas y viajaba a 50 km/h (13,89 m/s) antes de colisionar, ¿cuál sería su energía cinética ($E_c = .m.v^2$)? Utilizando la segunda ley de Newton ($F = m.a$), calcule la fuerza de impacto, asumiendo un tiempo de desaceleración de 0,1 segundos. 6) ¿Cuáles son los impactos ambientales del derrame de ácido en un río, considerando la ubicación geográfica y los efectos en el ecosistema acuático, como la muerte de peces y la contaminación del agua? 7) ¿Cuáles serían los efectos a largo plazo de estas alteraciones para la fauna, la flora y los habitantes de la región? |

| Proyecto Interdisciplinario III | |
|---|---|
| Pregunta generadora | ¿De qué manera la aplicación de la estequiometría para calcular la cantidad de vitamina C en jugos puede evidenciar cuestiones sobre la calidad nutricional de los alimentos industrializados y la importancia histórica y actual de la vitamina C para la salud pública? |
| Contexto | <p>La vitamina C, o ácido ascórbico, es un nutriente esencial para el cuerpo humano, con propiedades antioxidantes que ayudan a proteger las células contra los daños causados por los radicales libres, fortalecer el sistema inmunológico y realizar un papel crucial en la síntesis del colágeno. Su importancia histórica se destacó en la prevención y el tratamiento del escorbuto, una enfermedad que afectaba a marineros y otros grupos expuestos a dietas pobres en frutas y vegetales frescos. La identificación del papel de la vitamina C en la prevención del escorbuto, consolidada en el siglo XVIII, representó un hito en la historia de la ciencia y la medicina, impulsando avances significativos en la comprensión de las necesidades nutricionales humanas y en la salud pública.</p> |
| Interdisciplinaridad | <p>En este proyecto, a través de la lectura del capítulo II sobre el ácido ascórbico del libro <i>Los botones de Napoleón: las 17 moléculas que cambiaron el mundo</i> (Le Couter y Burreson, 2006), se discutirán los impactos de la deficiencia de vitamina C y se explorará el contexto histórico de las navegaciones y las condiciones de salud en los viajes marítimos de siglos pasados, relacionándolos con los efectos de la deficiencia de vitamina C en el organismo humano (Historia y Biología). También se reflexionará sobre las implicaciones sociales de la desigualdad en el acceso a la vitamina C, analizando cómo esto se relaciona con las condiciones inhumanas a bordo de los barcos negreros (Historia, Geografía y Sociología). La actividad incluirá un experimento investigativo utilizando la reacción entre ácido ascórbico y yodo para calcular la cantidad de vitamina C en jugos, con la elaboración de gráficos a partir de los datos experimentales (Química y Matemáticas). También se investigará la degradación del ácido ascórbico debido a la exposición al oxígeno, la luz y las variaciones de temperatura (Física). Además, los estudiantes realizarán una investigación sobre el impacto de la vitamina C en el rendimiento físico y la recuperación del cuerpo, explorando los beneficios de esta vitamina para la salud (Educación Física y Biología).</p> |
| Sugerencia de actividad evaluativa | <p>Los estudiantes realizarán un experimento investigativo (noción espacial, táctil y gestual) para determinar la cantidad de vitamina C en diferentes jugos (frescos, naturales, industrializados y hechos el día anterior), utilizando la reacción entre ácido ascórbico y yodo. El procedimiento comienza con la preparación de una solución estándar de vitamina C, seguida de la titulación con una solución de yodo. El volumen de yodo consumido se utilizará para calcular el contenido de vitamina C en las muestras. El experimento se repetirá en triplicado para mayor precisión. Los estudiantes construirán gráficos relacionando el volumen de yodo consumido con el contenido de vitamina C, compararán los valores teóricos y experimentales de los jugos industrializados y calcularán la cantidad necesaria de cada jugo para alcanzar la dosis diaria recomendada de 60 mg de vitamina C. El informe incluirá gráficos, interpretaciones de los resultados, cálculos y reflexiones sobre las variaciones observadas (imagen, gráficos, escritura y noción espacial).</p> |

En términos de recomendaciones para estructurar proyectos basados en la integración curricular, mediante preguntas auténticas que aborden temas relevantes, complejos y reales para distintos perfiles estudiantiles, y en cuanto a la organización de la evaluación del conocimiento, el proceso de construcción de significados se apoya en el seguimiento de las ideas del estudiantado, así como en la creación de evidencias de aprendizaje.

En este sentido, la elaboración de significados a través de actividades diversificadas en cuanto a herramientas, signos, símbolos y elementos de comunicación —estructuradas en torno a una temática sociocientífica— cumple una función central en la comunicación y producción de conocimientos químicos.

Adoptar una perspectiva integradora que contemple la diversidad disciplinar y de áreas permite analizar cómo los estudiantes construyen significados y abordan problemas sociocientíficos que articulan diferentes saberes. Igualmente, es fundamental que el profesorado reconozca la importancia de la evaluación como un proceso valorativo de ideas, conceptos y significados asociados con la química y los preceptos de esta disciplina, para así interpretar cómo los estudiantes expresan y construyen sentidos en torno a los conocimientos químicos.

Consideraciones finales

La evaluación del aprendizaje, entendida como una actividad procesual, multimodal e interactiva (Maceno, 2020; Maceno y Giordan, 2024), debe formar parte de planificaciones interdisciplinarias orientadas por problemas sociocientíficos, con el fin de interpretar, acompañar y apoyar a los estudiantes en sus procesos de significación dentro del contexto escolar. No obstante, para responder adecuadamente a las diversas circunstancias y contextos educativos, los docentes suelen concebir la evaluación como una mera medición de los conocimientos memorizados o como un simple mecanismo de verificación de contenidos mediante preguntas objetivas (Gipps, 1999; Crossouard, 2009), dentro de un enfoque disciplinar que no se configura como una práctica interpretativa ni valorativa del aprendizaje.

En consecuencia, la planificación de la evaluación no siempre recibe atención en las propuestas centradas en la integración, especialmente cuando se requiere un enfoque interdisciplinario y una orientación temática (Silva, Lins y Leão, 2019; Lopes y Oliveira, 2021; Beyer y Uhmman, 2023; Maceno y Giordan, 2024; Romero y Alquisira, 2024; Griebeler, Passos y Pazinato, 2024).

Como se ha discutido, las orientaciones curriculares de diversos contextos (Chamizo Guerrero y Pérez, 2017; Parga-Lozano y Piñeros-Carranza, 2018; Caamaño, 2018; Peña, 2020; Moreno Martínez, 2024) destacan la importancia de la interdisciplinariedad en distintas modalidades de enseñanza, al proponer la integración de horizontes conceptuales y disciplinares mediante un problema común de estudio. Esta propuesta busca promover un aprendizaje contextualizado en dimensiones culturales, históricas, ambientales y sociales, entre otras.

Para responder adecuadamente a las exigencias de una evaluación con base en la teoría sociocultural (Gipps, 1999; Crossouard, 2009), la planificación evaluativa en proyectos puede contemplar diversos elementos, aspectos y herramientas que diversifiquen las formas de análisis del uso del conocimiento químico por parte del estudiantado. La

combinación de diferentes instrumentos, asociados a una temática que dé textura al problema planteado por el docente y a los contenidos por estudiar; se ve fortalecida cuando la evaluación del aprendizaje es planificada de forma adecuada.

Se observó que una evaluación centrada únicamente en un enfoque disciplinar y en contenidos, sin considerar la elaboración de significados, aporta poco a la interpretación valorativa del aprendizaje. Por ello, es frecuente que el profesorado evalúe sin mediar una planificación basada en proyectos que integren distintas áreas del saber. Una evaluación estructurada exclusivamente desde un enfoque disciplinar, sin articulación con otros campos de conocimiento ni con variedad de herramientas y técnicas, limita el desarrollo de funciones mentales necesarias para analizar problemas complejos, lo cual restringe tanto el pensamiento químico como la formación de conceptos que integren múltiples perspectivas de interpretación sobre un fenómeno real.

A su vez, los proyectos orientados por problemas interdisciplinarios desafían las prácticas evaluativas tradicionales, proponiendo superar los enfoques centrados exclusivamente en la métrica y la fragmentación del conocimiento. Estos proyectos parten de la premisa de que las actividades evaluativas que se reducen a la reproducción de información expuesta por el docente no fomentan interpretaciones profundas ni la atribución significativa de sentidos por parte del estudiantado.

A lo largo de este trabajo se han desarrollado reflexiones sobre la evaluación del aprendizaje desde una perspectiva sociocultural, enfocada en proyectos interdisciplinarios. Desde esta óptica, la evaluación debe distribuirse y diversificarse en la planificación como un proceso continuo e integrador que contemple los aspectos socioculturales implicados en la elaboración de significados y en el desarrollo de habilidades. No debe reducirse a una función administrativa o certificadora, sino integrarse al proceso de enseñanza, de modo que atienda a las demandas contemporáneas, como el uso de tecnologías digitales, la inclusión educativa y la educación a distancia.

En esta visión, una evaluación significativa exige diversidad de formas, instrumentos y modalidades, considerando los desafíos actuales que enfrentan los docentes en el campo disciplinar de la química desde un enfoque interdisciplinario.

Los problemas asociados a la elaboración de significados abren nuevas posibilidades para pensar la evaluación como un espacio para integrar conocimientos de diversas áreas y promover aprendizajes significativos mediante el abordaje de problemas sociocientíficos. Estos problemas, cuando son auténticos y socialmente relevantes, configuran contextos situados propicios para el desarrollo curricular y evaluativo. La interdisciplinariedad, en este sentido, es clave para superar la fragmentación del conocimiento y explorar la dimensión social, cultural, ética y ambiental de los contenidos escolares.

Así, la evaluación en proyectos de este tipo debe considerar criterios claros y diversificados que contemplen tanto el proceso como el producto final. Asimismo, debe estar presente en todas las etapas del proyecto, garantizando la participación activa del estudiantado, la diversidad de formas de evaluación para la socialización y el análisis de ideas. La integración disciplinaria debe ir acompañada de prácticas evaluativas que reflejen la complejidad de los problemas o fenómenos abordados.

Referencias

- Alda, J., Marcos-Merino, J. M., y Gallego, R. E. (2019). Extracción de ADN con material cotidiano: Desarrollo de una estrategia interdisciplinar a partir de sus fundamentos científicos. *Educación Química*, 30(1). <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2019.1.67658>
- Bacich, L., y Moran, J. (2018). *Metodologías ativas para uma educação inovadora: Uma abordagem teórico-prática*. Penso.
- Beyer, E. C., y Uhmman, R. I. M. (2024). Livro didático, ensino de Ciências e a Educação Ambiental: Um estudo de revisão. *Revista Ciências & Ideias*, 15(1), 1–19. <https://doi.org/10.22407/2176-1477/2024.v15.2397>
- Brasil. (1996). Lei n.º 9.394, de 20 de dezembro de 1996. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. *Diário Oficial da União*, Brasília, 23 dez.
- Brasil. (2002). Ministério da Educação, Secretaria de Educação Média e Tecnológica. *Parâmetros curriculares nacionais: Ensino médio: Orientações educacionais complementares aos parâmetros curriculares nacionais*. MEC/SEMTEC.
- Caamaño, A. (2018). Enseñar química en contexto: Un recorrido por los proyectos de química en contexto desde la década de los 80 hasta la actualidad. *Educación Química*, 29(1), 21–54. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2018.1.63686>
- Chamizo Guerrero, J. A., y Pérez, Y. (2017). Sobre la enseñanza de las ciencias naturales. *Revista Iberoamericana de Educación*, 78, 23–40. <https://doi.org/10.35362/rie741624>
- Crossouard, B. (2009). A sociocultural reflection on formative assessment and collaborative challenges in the states of Jersey. *Research Papers in Education*, 24(1), 77–93. <https://doi.org/10.1080/13669870801945909>
- Engeström, Y. (1987). *Learning by expanding: An activity-theoretical approach to developmental research*. Orienta-Konsultit.
- Fukai, M., Nazikian, F., y Sato, S. (2008). Incorporating sociocultural approaches into assessment: Web-based peer learning and portfolio projects. *Japanese Language Education*, 42(2), 389–411. <https://www.jstor.org/stable/30198071>
- Giese, E. (2024). *A temática oceano nos livros didáticos de projetos integradores de ciências da natureza e suas tecnologias aprovados no PNL D 2021: Características e análise multimodal* (Dissertação de mestrado profissional em Ensino de Ciências, Matemática e Tecnologias). Universidade do Estado de Santa Catarina. https://sucupira-legado.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id_trabalho=15429123
- Giese, E., y Maceno, N. G. (2024). Multimodality in pre-service chemistry teachers and integrative project in textbooks. In *European Conference on Research in Science Education, Proceedings Book Series of the ESERA 2023 Conference* (15th, Cappadocia). <https://drive.google.com/file/d/1LVEbjDDvMxrNOP52uD2lyiEi6TqwrjC5/view>
- Giordan, M. (2008). *Computadores e linguagens nas aulas de ciências: Uma perspectiva sociocultural para compreender a construção de significados*. Ed. Unijuí.

- Gipps, C. (1999). Chapter 10: Socio-cultural aspects of assessment. *Review of Research in Education*, 10(1), 355–392. <https://doi.org/10.3102/0091732X024001355>
- González, N. A. Z., y Albarracín, L. M. M. (2020). La producción discursiva de profesores de química en formación inicial: Una experiencia en la enseñanza de ciencias mediada por el cine. *Educación Química*, 31(1), 127–137. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2020.1.70383>
- Griebeler, C. H., Passos, C. G., y Pazinato, M. S. (2024). Peer instruction in chemistry classes: Systematic review on contributions and possibilities. *Educación Química*, 35(4). <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2024.4.86704>
- Harlen, W., y James, M. (1997). Assessment and learning: Differences and relationships between formative and summative assessment. *Assessment in Education: Principles, Policy & Practice*, 4(3), 365–379. <https://doi.org/10.1080/0969594970040304>
- Jaquês, J. (2005). *Avaliação mediadora: Uma proposta para a educação superior* (Tese de mestrado). Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul. <https://repositorio.pucrs.br/dspace/handle/10923/3017>
- Le Couter, P., y Burreson, J. (2006). *Os botões de Napoleão: As 17 moléculas que mudaram a história*. Jorge Zahar Editora.
- Lopes, F. A. M. H., y Oliveira, D. G. D. B. (2021). Inter-relação matemática-química: Discutindo estequiometria no ENEM. *Educación Química*, 32(3). <http://dx.doi.org/10.22201/fq.18708404e.2021.3.76653>
- Lopes, F. A., y Oliveira, G. D. B. (2021). Inter-relação matemática-química: discutindo estequiometria no enem. *Educación Química*, 32(3). <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2021.3.76653>
- Maceno, N. G. (2020). *A avaliação em sequências didáticas no ensino de Ciências: contribuições para o planejamento, ação e reflexão docente* (Tese de doutorado). Universidade de São Paulo, São Paulo, SP. <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/48/48134/tde-28092020-171241/pt-br.php>
- Maceno, N. G., Luca, A. G., y dos Santos, S. A. (2023). La divulgación científica en la enseñanza de las ciencias a través de géneros discursivos: casos de enseñanza e investigación. *Educación Química*, 34(4). <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2023.4.85478>
- Maceno, N. G., y Giordan, M. (2019). Evaluation conceptions and science teaching challenges in the context of teaching planning. En *European Science Education Research Association*, 11., Bologna. Anais do European Science Education Research Association. Recuperado de https://www.dropbox.com/scl/fi/hn07i8gtplsntiwpacbgg/ESERA2019_ok.pdf?rlkey=qo67k088z0mi9q30bda8c13ip&e=1&dl=0
- Maceno, N. G., y Giordan, M. (2024). Evaluación multimodal en la enseñanza de la química. *Educación Química*, 35(2). <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2024.2.85993>
- Maceno, N. G., y Guimarães, O. M. (2013). Concepções de ensino e de avaliação de professores de química do ensino médio. *Revista Eletrônica de Enseñanza de las Ciencias*, 12(1), 24–44. https://reec.uvigo.es/volumenes/volumen12/REEC_12_1_2_ex648.pdf

- Moreno Martínez, L. (2024). Del concepto al contexto. Tradición e innovación en la didáctica de la química (1950-2000). *Educación Química*, 35(Número especial). <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2024.4.88488e>
- Oliveira, W., et al. (2006). Explorando a química dos airbags. En *Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química*, 29., São Paulo. Anais da Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química. Recuperado de <https://www.s bq.org.br/29ra/cdrom/resumos/T0751-1.pdf>
- Parga-Lozano, D. L., y Piñeros-Carranza, G. Y. (2018). Enseñanza de la química desde contenidos contextualizados. *Educación Química*, 29(1), 55-64. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2018.1.63683>
- Romero, C. Z., y Alquisira, J. P. (2024). Aplicación de la evaluación formativa como una forma para mejorar el aprendizaje de los alumnos. *Educación Química*, 35(4). <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2024.4.8>
- Sandri, M. C. M., y Santin Filho, O. (2019). Os modelos de abordagem da Química Verde no ensino de Química. *Educación Química*, 30(4), 34-46. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2019.4.68335>
- Silva, I. M. da, Lins, W. C. B., y Leão, M. B. C. (2019). Avaliação da aplicação da metodologia aprendizagem baseada em problemas na disciplina de tecnologia da informação e comunicação no ensino de química. *Educación Química*, 30(3), 64-78. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2019.3.68493>
- Peña, A. V. (2020). Enseñar química. De las sustancias a la reacción química. *Educación Química*, 31(3), 145-147. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2020.3.75789>
- Vasconcellos, C. dos S. (2002). *Avaliação: Concepção Dialética-Libertadora do Processo de Avaliação Escolar*. São Paulo: Libertad.
- Willis, J. (2008). Assessment for learning: a sociocultural approach. En *Australian Association for Research in Education, Brisbane*. Anais do Australian Association for Research in Education. <https://www.aare.edu.au/data/publications/2008/wil08348.pdf>