



Evaluación multimodal en la enseñanza de la química

Multimodals evaluations in chemistry teaching

Nicole Glock Maceno¹ y Marcelo Giordan²

Resumen

Este ensayo presenta una reflexión teórica sobre la evaluación para el aprendizaje en química que incorpora múltiples modos semióticos. A través de la teoría de la acción mediada (Wertsch, 1998; Vigotski, 2001), se destaca el despliegue de medios mediacionales y la combinación semiótica en las comprensiones de la evaluación. También se abordan los posibles problemas de las evaluaciones que sólo consideran la semiótica escrita en el ámbito disciplinar químico. Se hace referencia a las aportaciones de la evaluación multimodal en la creación de contextos y actividades significativas para la enseñanza de la química. Se presenta una propuesta de clasificación de los modos semióticos de evaluación considerando las formas de representación y comunicación de la química. Por último, se propone una reflexión teórica de la relación entre la evaluación y los modos semióticos para la incorporación de otras semióticas en el proceso de interpretación de la elaboración de significados.

Palabras clave

Evaluación para el aprendizaje, multimodalidad, teoría de la acción mediada, enseñanza de la química.

Abstract

This essay presents a theoretical reflection on the relevance of planning a learning evaluation in chemistry that considers multiple semiotic modes. Through the theory of mediated action, the developments of mediational means and semiotic combination in the understandings of evaluation are emphasized. The limitations of evaluations that only consider written semiosis in the chemical disciplinary sphere are also addressed. Contributions of multimodal evaluation in creating meaningful contexts and activities for teaching chemistry are referenced. A proposal is presented for the classification of semiotic modes of evaluation considering the representation and communication forms of chemistry. Finally, a reformulation of the relationship between evaluation and semiotic modes is proposed for the incorporation of other semiosis in the interpretation process on the elaboration of meanings.

Keywords

Learning evaluation, multimodality, theory of mediated action, chemistry teaching.

¹ Universidad Estatal de Santa Catarina, Brasil. <https://orcid.org/0000-0002-2896-3672>

² Universidade de São Paulo, Brasil. <https://orcid.org/0000-0002-4646-0139>

La evaluación del aprendizaje en química requiere la planificación y combinación de sistemas lingüísticos y simbólicos para la interpretación de la elaboración de significados por los estudiantes en un ámbito de conocimiento caracterizado por la integración de teorías abstractas y empíricas. Los símbolos, entidades y signos utilizados en la química generan medios de representación y comunicación propios de una comunidad específica, permitiendo comprender el mundo físico y natural. Sin embargo, en varios estudios se ha observado que la evaluación se estructura únicamente en torno a registros escritos, como informes, cuestionarios, pruebas o exámenes, centrados principalmente en el uso de una única semiosis: la escritura. En algunos pocos casos, se incorporan imágenes o gráficos como complemento (Fukai, Nazitian y Sato, 2008; Crossouard, 2009; Cowie, Moreland y Otrell-Cass, 2013; Duboc, 2015; Maceno, 2020).

Para la química escolar, es necesario considerar el uso de modelos y representaciones abstractas en un campo teórico complejo (Ferreira, Imasato y Queiroz, 2012; Mortimer e Quadros, 2018; Quadros y Giordan, 2019; Quintanilla-Gatica, Cabrera y Zambrano, 2022). Es un reto para el profesor estructurar evaluaciones multimodales que relacionan fenómenos macroscópicos con modelos submicroscópicos o microscópicos y sus representaciones mediante el uso exclusivo de la escritura, ya que restringe las posibilidades de representación y comunicación, lo que establece una relación multimodal de las ciencias. Como sostienen Quadros y Giordan (2019), la restricción de los modos semióticos considerados impide el apropiación de diferentes representaciones. En consecuencia, compromete, en gran medida, la forma en que el profesor evalúa el aprendizaje químico.

Considerando también que el término "evaluación" ha sido ampliamente utilizado como sinónimo de "examen", aunque con diferentes significados, lo que es duramente criticado en la literatura (Gipps, 1994; Crossouard, 2009; Correia y Freire, 2014; Gómez y Jakobsson, 2014; Bedin y Del Pino, 2018; Lambach, Marques y Silva, 2018), coincidimos con Gipps (1994) al afirmar que la evaluación tiene el potencial de incorporar una serie de métodos para analizar la performance de los estudiantes y de distinguirse de los sistemas centrados en competencias y habilidades por ser interpretativa y dinámica en virtud de la exploración de los procesos de aprendizaje y el pensamiento.

Para desarrollar la performance del estudiante y lograr una evaluación que promueva niveles superiores de pensamiento, es necesario combinar múltiples formas de comunicación y representación (Kress, 2010; Tytler y col, 2013). Esto implica utilizar diferentes semiosis para la apropiación de los símbolos, modelos submicroscópicos, microscópicos y fenómenos macroscópicos. Si no se considera esta diversidad, pueden surgir desafíos, dilemas y tensiones en el análisis del aprendizaje por parte del docente (Maceno, 2020).

La mejora en la performance de los estudiantes se ve favorecida cuando reciben apoyo de adultos y herramientas culturales adecuadas. Para esto, se requiere una variación de las herramientas y semióticos utilizados en la enseñanza (Wanselin, Danielsson y Wilkman, 2022). Por otro lado, si se utilizan únicamente pruebas escritas estandarizadas, se obtienen resultados limitados al nivel individual, que se centran en tareas específicas y momentos determinados, sin tener en cuenta los procesos sociales involucrados en el desarrollo de las funciones mentales superiores (Fukai, Nazikian y Sato, 2008; Crossouard, 2009; Maceno, 2020).

La multimodalidad ha sido considerada cada vez más por los investigadores, ya que los discursos de la ciencia y del aula son multimodales (Tang, Tan y Mortimer, 2021). Se necesita algo más que el lenguaje verbal en la producción de sentido y la apropiación del lenguaje científico, porque la comprensión de la ciencia no se vincula exclusivamente al contenido o las informaciones, sino que también a todo el proceso epistémico de generación del conocimiento científico (Tang, Tan y Mortimer, 2021).

En una evaluación que cumpla con estos propósitos, explícita o no para profesores y estudiantes, además de valorar las preguntas, es necesario formular respuestas que sean capaces de relacionar la base teórica, empírica y abstracta en la apropiación del lenguaje químico. Tang, Tan y Mortimer (2021, p. 02) resaltan que "el lenguaje no es meramente verbal en forma de habla o escritura, es decir, también es multimodal". Por lo tanto, es importante que el profesor tenga esto en cuenta para planificar y actuar en el aula. Así, la evaluación no debe limitarse a exigir únicamente la enunciación de definiciones, con respuestas ancladas sólo en palabras o que solo contesten a preguntas de elección (Mehan, 1979), que son aquellas de menor complejidad. Es necesario abarcar una diversidad de semiosis para analizar cómo el estudiante opera con las distintas formas de representación para comunicar sus ideas y conocimientos de química.

Para superar las dificultades generadas por el uso exclusivo del lenguaje escrito, hay que considerar una variedad de modos semióticos para estructurar la evaluación en química. Cuando se combinan estos modos, se puede añadir a la planificación docente mejores condiciones para la interpretación de las representaciones, mejorar las herramientas de análisis de la elaboración de significados en la enseñanza de la química y fomentar la producción de evidencias de aprendizaje.

Teniendo en cuenta la importancia de la evaluación en el aprendizaje de la química y su papel en la integración del pensamiento científico y además que el lenguaje depende del uso de variadas formas de comunicación y representación para la producción de significados, es fundamental que se produzca un cambio de perspectiva. Una posible comprensión para evitar la noción de evaluación asociada exclusivamente a la medición del aprendizaje de contenidos, mediante preguntas de opción múltiple (Fukai, Nazikian y Sato, 2008; Crossouard, 2009; Duboc, 2015; Lambach, Marques y Silva, 2018) y dejar de sobrevalorar la semiosis escrita como la única forma de evaluación (Gipps, 1994; Bezemer, Diamantopoulou, Jewitt, Kress y Mavers, 2012; Mortimer y Quadros, 2018), es articular la teoría de la acción mediada, la teoría sistémico-funcional y la perspectiva multimodal del lenguaje para la producción de evaluaciones multimodales en la enseñanza de la química.

Teoría de la acción mediada y la evaluación para el aprendizaje

Para comprender la evaluación desde una perspectiva sociocultural, es importante destacar las aportaciones de Vigotski (2001) sobre el papel de las herramientas y los apoyos en el aprendizaje humano. Gipps (1994) sostiene que las herramientas y los apoyos son fundamentales en el desarrollo de las funciones mentales, lo que se ve comprometido en la evaluación elaborada de forma tradicional, es decir, guiada por una matriz psicométrica.

Teniendo en cuenta las ideas de Vigotski (2001) para la planificación y desarrollo de una evaluación que permita el uso de herramientas auxiliares, es posible producir una mejor performance del estudiante. Evaluar para mejorar la performance significa provocar niveles más altos de desarrollo mediante la colaboración entre los estudiantes y

apoyar el incremento del pensamiento de orden superior mediante el uso de herramientas materiales y simbólicas. Esto lleva a concebir el aprendizaje como un proceso social y no exclusivamente centrado en el individuo de forma aislada (Gipps, 1994).

Los procesos sociales, que incluyen las relaciones entre el profesor y los estudiantes, se producen en interacciones que implican normas, convenciones sociales, tensiones, dilemas y disputas por el control y el poder (Gipps, 1994; Candela, 1999; Maceno y Giordan, 2019; Maceno, 2021). Cuando se adopta una perspectiva en la que se concibe el aprendizaje como un proceso social, la evaluación adquiere una naturaleza distinta. En lugar de evaluar la performance de un individuo en una tarea específica y en un momento determinado, mediante el uso exclusivo de la semiosis escrita, otros modos semióticos son considerados en las herramientas para instituir una evaluación dinámica.

Una evaluación interactiva y multimodal, que involucre el apoyo de un entorno cultural específico, mediante estudios para la resolución de problemas socio-científicos, abre nuevas posibilidades en la apreciación evaluativa del profesor sobre el aprendizaje del estudiante. Considerando que los significados no son inmutables, sino que se elaboran a lo largo de la formación de los individuos (Vigotski, 2001; Quadros y Giordan, 2019), es fundamental que el docente considere en la evaluación una auténtica combinación entre las herramientas materiales y simbólicas y los modos semióticos para la propuesta de actividades complejas y válidas para analizar cómo los estudiantes resuelven los problemas socio-científicos, qué significados se asignan y qué desarrollo se ha logrado en el tiempo.

La evaluación desde una perspectiva sociocultural implica articular el entorno social y cultural en el que se ha producido el aprendizaje, involucrar a los estudiantes en el proceso intelectual mediante la producción de argumentos y organizarse en torno a actividades de colaboración para que contribuyan a una tarea con la ayuda de otros (Gipps, 1994). La evaluación en esta dirección no solo valora las herramientas y el apoyo del adulto en el desarrollo de los procesos mentales, si no que también evalúa la performance de los estudiantes. Se enfoca en lo que los estudiantes dicen, hacen y movilizan en colaboración con otros en los procesos sociales, interactivos y comunitarios (Gipps, 1994), lo que requiere la combinación de múltiples modos semióticos capaces de producir evidencias sobre el aprendizaje.

En este sentido, Wertsch (1998) aporta la teoría de la acción mediada basada principalmente en los estudios de Vigotski (2001). En el enfoque de Wertsch (1998) sobre las proposiciones de Vigotski (2001), uno de los temas centrales se refiere a la acción humana que, ya sea a nivel interpsicológico o intrapsicológico, está mediada y conformada por instrumentos y signos. La explicación de los procesos mentales relacionados con el contexto cultural, institucional e histórico enfatizada por Wertsch (1998) cuestiona la tradición del individualismo en los procesos psicológicos, tal como ha sido defendida por los estudios de psicología norteamericanos (Pereira y Ostermann, 2012), tradición que aún permanece arraigada en las comprensiones sobre la evaluación en la enseñanza de la química.

Para Wertsch (1998), la acción humana está constituida por agentes y herramientas culturales en una especie de tensión irreductible, lo que significa que los sujetos no actúan solos, sino en permanente tensión con las herramientas culturales. En este sentido, cualquier acción humana debe ser analizada considerando a los sujetos y a las herramientas culturales en permanente tensión para satisfacer sus propósitos (Giordan, 2013).

Por extrapolación, la evaluación debe tener en cuenta la relación inseparable entre los agentes y las herramientas en la configuración de la acción en el entorno escolar, y no sólo considerar la noción de medir el número de respuestas correctas del individuo. Esto significa que una cuestión relevante no es pensar si el estudiante acertó la masa molecular de la glucosa o si fue capaz de enunciar correctamente la definición de enlace covalente en una pregunta del examen. En lugar de priorizar la medición del aprendizaje mediante el uso de instrumentos cuantitativos como única comprensión posible de la evaluación, es más productivo pensar en la relación inseparable entre los estudiantes y la forma en que operan con las herramientas y las semiosis para elaborar una respuesta aceptable desde el punto de vista de la ciencia, y crear instrumentos materiales y simbólicos para la evaluación multimodal sobre la calidad de la performance de los estudiantes.

Al considerar a Wertsch (1998) en la reflexión sobre la evaluación, se debe poner énfasis en el uso de medios mediacionales para promover y comprender el desarrollo integral del estudiante para la resolución de problemas. Así, las ideas de Vigotski (2001) y Wertsch (1998) señalan un aspecto fundamental en lo que respecta a la valoración evaluativa del profesor sobre el desarrollo del estudiante: los diferentes procesos de acción con signos y herramientas permiten variar las operaciones psicológicas que originan los procesos psicológicos de un estudiante cuando intenta resolver un problema, siendo el a menudo enunciado por el profesor en forma de pregunta, un dispositivo de pensamiento a menudo utilizado para evaluar. En otras palabras, dado que la evaluación en muchas situaciones incorpora problemas complejos a resolver por el estudiante, la multiplicidad de procesos de acción con signos y herramientas le garantiza una mayor diversidad de operaciones y condiciones psicológicas para resolver problemas, en la dirección de dominar y apropiarse de las herramientas culturales (Wertsch, 1998), creando una unidad entre el lenguaje y el pensamiento químico (Giordan, 2013).

Multifuncionalidad y multimodalidad

El campo de la semiótica es fértil para fundamentar el estudio y la reflexión sobre el conocimiento químico y los procesos de uso de las representaciones químicas, además del potencial para "disolver ciertas impropiedades en la evaluación de los procesos de representación que están en escena durante los procesos de enseñanza de la química" (Araújo Neto, 2015, p. 134). Esta ciencia estudia los signos, que pueden entenderse como elementos de comunicación que transforman, en la acción, los conocimientos y las perspectivas del mundo (Araújo Neto, 2015). Los signos dependen del entorno cultural y, en el caso concreto de la química, contribuyen a la producción y representación del conocimiento químico (Araújo Neto, 2015).

El profesor puede evaluar diferentes procesos de acción con signos. Considerar la semiótica en la planificación y el desarrollo de la evaluación significa interpretar la capacidad del estudiante de utilizar signos mientras actúa con otros, implicado en una actividad de producción, representación y comunicación de conocimientos sobre el mundo natural y el manufacturado. De este modo, la evaluación debe centrarse en el uso deliberado de representaciones químicas para observar, medir, categorizar o desarrollar otras habilidades necesarias para el estudio.

Para el aula, la estructuración de las actividades multimodales responde a las pretensiones tanto de las investigaciones que no se limitan a observar los modos verbales en la enseñanza de las ciencias (Giordan, 2013; Cope et al., 2011; Mortimer y Quadros,

2018; Bezemer et al., 2019), así como las que cuestionan la tradición de la escritura y reiteran la necesidad de considerar las evaluaciones multimodales en el ámbito escolar (Fukai, Nazikian, Sato, 2008; Crossouard, 2009; Anastopoulou, Sharples y Baber, 2011; Cowie, Moreland y Othel-Cass, 2013; Gómez y Jakobsson, 2014; Maceno, 2020).

Para que el profesor pueda analizar convenientemente las performances de los estudiantes en las acciones con herramientas culturales, no es suficiente considerar únicamente los modos escrito y oral para evaluar. Se requieren otros modos semióticos para que el estudiante exprese sus conocimientos y desarrolle un pensamiento químico, en el que influye la dinámica entre los hablantes, el lenguaje y otros sistemas simbólicos.

Según Giordan, Silva-Neto y Aizawa (2015, p. 83), en la enseñanza de la química, la multimodalidad implica otros modos de comunicación y representación más allá de los modos escritos y orales, considerando la necesidad de utilizar soportes específicos para el desarrollo del pensamiento químico. Complementando la idea, Quadros y Giordan (2019, p. 76) especifican que la multimodalidad se basa en modos de representación y comunicación que organizan lingüísticamente un mensaje a través de "palabras, imágenes, colores, formatos, marcas/trazos tipográficos, proxémica, gestos, prosodia, además de otros modos que dependen del contexto". Al hablar de los modos semióticos, Bezemer et al. (2012, p. 1) destacan que:

Un enfoque semiótico social multimodal se centra en la creación de significado en todos los modos. Se trata de una perspectiva teórica que reúne, en un ámbito descriptivo y analítico, todos los recursos socialmente organizados de los que disponen las personas para crear significado. Estos recursos incluyen modos como la imagen, la escritura, el gesto, la mirada, el habla, la postura, así como medios como pantallas con proyección en 3D de diversos tipos, libros, apuntes y cuadernos. Todos estos modos y medios se utilizan también en entornos diseñados para el aprendizaje (Bezemer et al., 2012, p. 1).

Los modos semióticos corresponden a los medios materiales y simbólicos socialmente conformados que permiten la producción de significados (Kress, 2010). Así, en el proceso de comunicación "los significados son conjuntos diseñados y constituidos en diferentes modos" (...) y "orquestrados en conjunciones complejas" (Bezemer et al., 2012, p. 3).

Por analogía, la combinación de la semiótica en la estructuración de la evaluación es fundamental para analizar cómo el estudiante representa y comunica la química, qué significados se le asignan, cómo actúa con las herramientas culturales en diferentes contextos evaluativos y cuáles son sus niveles de significación sobre el conocimiento escolar cuando utiliza múltiples modos semióticos en una actividad determinada, lo cual genera una performance evaluable por el profesor. Así, una evaluación multimodal se caracteriza por la integración de modos semióticos para producir y analizar los significados atribuidos por los estudiantes al conocimiento químico.

Teniendo en cuenta que la evaluación integra formas de interacciones "multifacéticas, multimodales y que ocurren en varias escalas de tiempo" (Cowie, Moreland y Othel-Cass, 2013, p. 9), en la enseñanza de la química es necesario estar atento al tipo de actividad que el profesor propone evaluar, sobre todo si solo se centra en los modos verbales y prescinde de los modos no verbales. Básicamente, si los profesores se esfuerzan por interpretar, a través de la evaluación, los significados elaborados en las situaciones de enseñanza de la química, es esencial emplear actividades de evaluación multimodal que sean capaces de

analizar nuevos contextos de uso de los conceptos y conocimientos químicos escolares, así como brindar apoyo a los estudiantes que presenten dificultades de aprendizaje.

Halliday (1978) parte de la base de que el lenguaje en una comunidad está dotado de funciones en la medida en que los hablantes intercambian significados y tratan de comprender la realidad del mundo mediante el uso inextricable de sistemas simbólicos. Desde este punto de vista, las experiencias y los significados potenciales se incorporan a una realidad social mediante una construcción semiótica constitutiva de una cultura (Halliday, 1978). Los distintos contextos de intercambio de significados están dotados de valor social, de modo que los hablantes no solo interactúan y buscan entenderse, sino que también configuran una estructura social al afirmar posiciones y roles, control y poder. Así, el lenguaje establece sistemas de valor, conocimiento y trabajo, que también influyen en la creación de significado (Halliday, 1978; Maceno, 2020).

Una perspectiva sociolingüística de la evaluación considera a los sujetos y su contexto social para analizarlos más allá del entorno meramente físico. Desde este punto de vista, es esencial interpretar cómo el sujeto se integra social y culturalmente en el uso del lenguaje, la cual se ve como un medio de transmisión de modelos de vida, cultura y valores (Halliday, 1978, p. 18), que produce significados por patrones sistémicos de elección (Halliday y Matthiessen, 2014, p. 23) y que es una de las representaciones semióticas aprendidas por el dominio progresivo de las funciones básicas del lenguaje (Halliday, 1978).

Una evaluación verdaderamente multimodal debe incorporar formas de organización en equipos para generar experiencias y relaciones que incorporen el lenguaje verbal y otras semiosis, con el fin de crear mecanismos internos y externos complementarios en el ser social (Maceno, 2020). El enfoque sociolingüístico de la evaluación debe contemplar la necesaria relación dialéctica entre el estudiante como miembro de un grupo y de la sociedad. Como sostiene Halliday (1978), un enfoque funcional del lenguaje como comportamiento con funciones desarrolladas para servir a propósitos más allá de la dimensión biológica, nos permite comprender lo que los estudiantes son capaces de hacer con el lenguaje y otros sistemas simbólicos cuando organizan un sistema lingüístico en la dinámica que se produce entre ellos en el aprendizaje de la química. Esto debe ser considerado en la evaluación.

Una vez observados estos aspectos, se propone una clasificación general de los modos semióticos incorporados en la evaluación para analizar las formas de representación y comunicación química en la planificación y la acción docente (cuadro 1). Algunos de estos modos semióticos pueden ser percibidos a través del análisis documental de los planes de clase, mientras que otros pueden ser identificados mediante el análisis del discurso producido en las interacciones entre el profesor y los estudiantes en el aula. Basado en el cuadro 1, el profesor puede proponer una actividad evaluativa que combine imágenes, gestos, habla y sonido, o puede combinar la escritura con representaciones gráficas, espaciales y táctiles, entre otras posibilidades.

Modo semiótico	Descripción
<i>Escritura</i>	Representación del lenguaje hablado en signos gráficos para la comunicación. Contenido lingüístico y gramatical comprensible, estructurado y lógico. Organización textual.
<i>Habla</i>	Producción discursiva mediante el uso del lenguaje oral. Expresión de ideas.
<i>Imagen</i>	Representación visual y estética mediante el uso de colores, texturas, disposición, perspectivas, animaciones , efectos dinámicos o estáticos, efectos especiales y tipología sobre un tema por escena, marco u objetos.
<i>Gráfico</i>	Representación geométrica de conjuntos de datos, patrones y medidas, utilizando colores, elementos geométricos y textos tanto para el lenguaje visual como el escrito.
<i>Sonido</i>	Representación sonora a través de ruidos, narración, música, efectos sonoros, que se utilizan para la percepción auditiva.
<i>Táctil</i>	Uso de la sensación táctil y coordinación motora fina y gruesa para el desarrollo de habilidades operativas. Manipulación por operaciones concretas mediante el uso del tacto.
<i>Espacial</i>	Representación simbólica mediante vectores, extensión espacial, elementos y disposición específica, utilizando texto, imágenes, relieve, altura, profundidad, anchura, luz o sombra. Se pueden utilizar elementos tridimensionales.
<i>Gestual</i>	Uso de partes del cuerpo (manos, brazos, piernas) para comunicarse a través del movimiento. Representación por un acto físico.

CUADRO 1. Clasificación general de los modos semióticos en la evaluación multimodal. Fuente: Los autores, 2024.

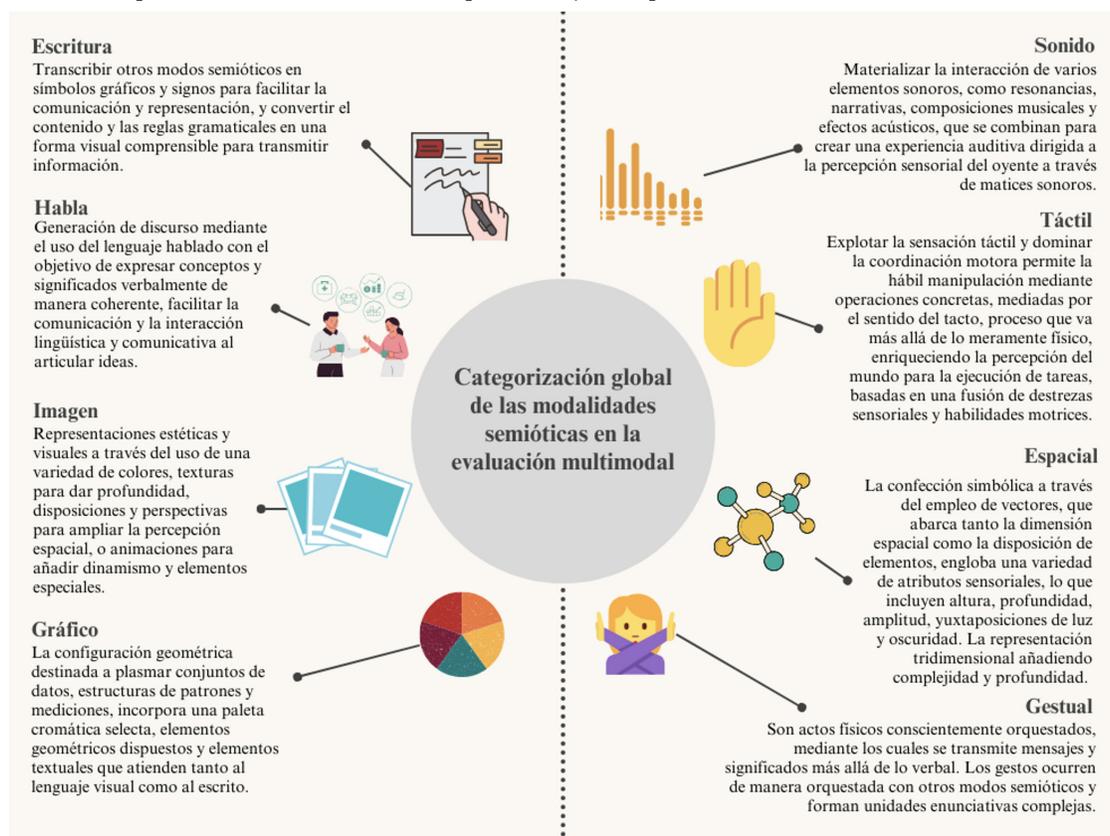
El cuadro 1 es útil para que el docente de química dé importancia a la identificación de modos semióticos en el contexto de la enseñanza y evaluación de la química, como en contextos de planificación de la enseñanza o en el desarrollo de secuencias didácticas. Esta clasificación consiste en una herramienta para analizar y comprender cómo ocurre la representación y comunicación química en la planificación e implementación de la instrucción y, específicamente, con el propósito de crear formas y actividades evaluativas. Al categorizar los modos semióticos según el cuadro 1, los docentes pueden analizar la estructura evaluativa e identificar cómo se utilizan las diferentes formas de representación en el aula, tanto en la evaluación como en la interacción con los estudiantes.

El cuadro 1 ofrece a los profesores una visión general de las diferentes formas en que se pueden utilizar los modos semióticos en la evaluación de química. Al reconocer cómo se interrelacionan las imágenes, los gestos, el habla, el sonido, la escritura y otras formas de representación, los profesores pueden diseñar actividades de evaluación que sean más multimodales y multifuncionales. Además, este marco no se limita al análisis de los planes de lecciones, sino que también se extiende a la interacción en el aula, lo que resalta su relevancia a la hora de evaluar las múltiples dimensiones del proceso educativo.

Con base en las categorías presentadas en el cuadro 1, los profesores pueden crear actividades que combinen diferentes modos semióticos para evaluar la comprensión de los estudiantes con el fin de ampliar la elaboración de significados y representaciones. Así, los docentes pueden incluir la organización de actividades que incorporen imágenes, representaciones gráficas, escritura, gestos y otras semiosis para la aplicación práctica de modos semióticos en la evaluación y enseñanza de la química.

La evaluación de la elaboración de significados mediante el uso combinado de modos semióticos en la enseñanza de la química permite interpretar lo que los estudiantes quieren expresar en su acción. De esta manera, la evaluación puede estructurarse mediante el lenguaje verbal y diversos modos semióticos para analizar la producción de los estudiantes, las representaciones y las manifestaciones en el aula, las cuales son producidas de forma social y culturalmente situadas (Maceno, 2020).

El Cuadro 2 es útil como herramienta para que los profesores planifiquen y propongan enfoques multimodales para evaluar el aprendizaje de la química. También proporciona una visión general de cómo se pueden utilizar los distintos modos semióticos en combinación en el proceso de evaluación. Al comprender cómo interactúan las imágenes, los gestos, el habla, el sonido, la escritura y otras formas de representación y comunicación, los docentes pueden diseñar actividades de evaluación que integren más modalidades y funcionalidades. Este enfoque no se limita al análisis de los planes de lecciones, sino que también se extiende al entorno de interacción en el aula. Esto subraya la importancia de evaluar las múltiples dimensiones inherentes al proceso educativo. Así, el cuadro 2 ofrece una categorización global para que los docentes exploren y apliquen estrategias de evaluación que consideren la diversidad de formas de comunicación y representación utilizadas por los estudiantes en su aprendizaje de química.



CUADRO 2. Categorización global de las modalidades semióticas en la evaluación multimodal para uso de profesores de química. Fuente: Los autores, 2024.

Como forma de presentar las etapas de elaboración de actividades evaluativas, los profesores de química pueden tener en cuenta las orientaciones resaltadas en el cuadro 3 para la planificación, desarrollo y acción docente en relación con actividades con objetivos

de interpretación sobre el aprendizaje y el seguimiento del proceso de elaboración de significados.



CUADRO 3. Etapas de elaboración de actividades evaluativas para uso de profesores de química. Fuente: Los autores, 2024.

Asumiendo que la evaluación va más allá de los exámenes escritos individuales mediante preguntas de opción múltiple, Duboc (2015, p. 666-667) destaca que los medios digitales han permitido nuevos usos del lenguaje, con profundas implicaciones para la enseñanza, de modo que la “producción de sentido se basa en usos complejos y variados de modos semióticos nunca imaginados”. En la coyuntura actual, tanto la enseñanza a distancia de la química debido a la pandemia de Sars-CoV-2 (Fiori y Goi, 2020; Andrade et al., 2020; Oliveira et al., 2020) como la evaluación en línea de los estudiantes enfrentan desafíos significativos. Ya sea a través de interacciones sincrónicas o asincrónicas, es común que los profesores de la Educación Básica y Superior afirman que la participación de los estudiantes en las actividades realizadas por las plataformas digitales ha sido escasa y limitada (Cubillas y Estaban, 2022).

La perspectiva convencional de la evaluación, que prioriza una o dos semióticas, es limitada en este nuevo escenario educativo. Las nuevas contingencias educativas generadas por la pandemia de Sars-CoV-2 han planteado serias necesidades a la evaluación en química, que debe ser cada vez más multimodal y situarse en oposición al supuesto de que el examen escrito es la única y principal actividad que se puede utilizar para evaluar los significados y la formación de conceptos. La evaluación, más que nunca, requiere formas diferenciadas de representación y comunicación para asegurar su autenticidad y validez en la apreciación valorativa de la performance y el aprendizaje de los estudiantes.

Como ejemplos potenciales de desarrollo práctico de evaluación en el aula y de cómo incorporar la multimodalidad en la enseñanza de química, el cuadro 4 proporciona ejemplos de problemáticas sociocientíficas con preguntas detonantes, objetivos generales y sugerencias de evaluación para uso de profesores de química y para la planificación y desarrollo de secuencias didácticas interdisciplinarias. Estos ejemplos se inspiraron en los destacados por Bego, Alves y Giordan (2019).

Secuencia didáctica 1	
Contextualización	En el proceso industrial de fabricación de alimentos, es común el uso de aditivos químicos para mejorar la textura, el sabor y la conservación de los productos. El uso de aditivos en alimentos plantea cuestionamientos sobre posibles impactos y riesgos para la salud de los consumidores y el medio ambiente.
Preguntas generadoras	¿Cómo influyen las propiedades químicas de los aditivos alimentarios en la calidad y seguridad de los productos que consumimos a diario?
Objetivo general de la secuencia didáctica	Explorar las propiedades químicas de los aditivos alimentarios y comprender sus impactos y riesgos para la salud humana y el medio ambiente.
Ejemplo de actividad evaluativa multimodal	Análisis Multisemiótico de los Aditivos Alimentarios En esta actividad, los estudiantes serían divididos en grupos y recibirían muestras de alimentos procesados con diferentes aditivos. Cada grupo debe investigar las propiedades químicas de los aditivos y cómo influyen en la calidad y la seguridad de los productos alimentarios. Cada grupo crea un informe escrito (escritura) explicando los análisis y resultados. También deben realizar una presentación oral (habla) para compartir sus conclusiones con la clase, utilizando imágenes (imagen) para ilustrar las diferentes etapas del proceso. Además, los estudiantes pueden llevar a cabo pruebas de degustación para evaluar la percepción sensorial de los productos (táctil y sonido).
Semiosis combinadas	Escritura, habla, imagen, táctil y sonido
Secuencia didáctica 2	
Contextualización	La creciente demanda de fuentes alternativas de energía ha impulsado la investigación de nuevas tecnologías, como las células de combustible. Sin embargo, el uso de materiales catalizadores costosos en estas células presentan desafíos económicos y ambientales que deben abordarse.
Preguntas generadoras	¿Cuáles son las ventajas y desventajas de utilizar catalizadores alternativos en las células de combustible? ¿Cómo puede contribuir la química al desarrollo de catalizadores más accesibles?
Objetivo general de la secuencia didáctica	Investigar alternativas de materiales catalizadores para las células de combustible, buscando una mayor eficiencia y sostenibilidad.

CUADRO 4. Ejemplos de desarrollo práctico, de evaluación en el aula e incorporación de la multimodalidad en la enseñanza de química.

Fuente: Los autores, 2024 a partir de Bego, Alves y Giordan (2019).

Ejemplo de actividad evaluativa multimodal	<p>Debate sobre Catalizadores en las Células de Combustible</p> <p>Los estudiantes participan en un debate sobre las ventajas y desventajas del uso de catalizadores alternativos en las células de combustible. Cada estudiante debe elegir un lado para defender: ventajas o desventajas. Durante el debate, presentan argumentos verbales (habla) y utilizan gráficos (gráfico) para representar datos e información relevante. La presentación también puede incluir ejemplos visuales (imagen) de células de combustible. Al final, los estudiantes votan sobre qué lado presentó argumentos más convincentes.</p>
Semiosis combinadas	Escritura, habla, gráfico y imagen
	Secuencia didáctica 3
Contextualización	La presencia de contaminantes atmosféricos es un problema global que afecta la calidad del aire y la salud de las personas. Comprender las reacciones químicas involucradas en la formación de estos contaminantes es esencial para desarrollar estrategias de control de la contaminación.
Preguntas generadoras	¿Cuáles son los principales contaminantes atmosféricos y cómo ocurren sus reacciones químicas en la atmósfera? ¿Cómo podemos reducir las emisiones de estos contaminantes y mejorar la calidad del aire en las ciudades?
Objetivo general de la secuencia didáctica	Analizar las reacciones químicas involucradas en la formación de contaminantes atmosféricos y desarrollar estrategias para minimizar la contaminación del aire y los riesgos adversos para la salud pública.
Ejemplo de actividad evaluativa multimodal	<p>Campaña Ambiental sobre la Calidad del Aire</p> <p>Los estudiantes son desafiados a crear una campaña de concienciación sobre la contaminación del aire y cómo reducir las emisiones de contaminantes en las ciudades. Elaboran carteles visuales (imagen), producen grabaciones de audio (sonido) para la radio o podcasts, y escriben textos persuasivos (escritura) para folletos informativos. La disposición de los elementos visuales y la elección de las palabras son fundamentales para transmitir el mensaje. La actividad también puede implicar la creación de un espacio interactivo (espacial) en la escuela, donde los estudiantes puedan mostrar los efectos de la contaminación del aire utilizando modelos y dispositivos táctiles (táctil).</p>
Semiosis combinadas	Escritura, imagen, sonido, espacial y táctil
	Secuencia didáctica 4
Contextualización	La aparición de nuevos materiales compuestos, como los nanomateriales, ofrece alternativas relevantes para la industria y la tecnología en términos de desarrollo económico y tecnológico. Sin embargo, el uso de estos materiales plantea preocupaciones sobre su toxicidad y riesgo ambiental.
Preguntas generadoras	¿Cuáles son los riesgos asociados con la exposición a nanomateriales y cómo puede contribuir la química a evaluar su seguridad y minimizar los riesgos adversos?
Objetivo general de la secuencia didáctica	Investigar las propiedades e interacciones de los nanomateriales con el objetivo de comprender sus efectos biológicos y ambientales.

Ejemplo de actividad evaluativa multimodal	<p>Análisis multisemiótico de los riesgos de los nanomateriales</p> <p>Los estudiantes llevan a cabo una investigación sobre los riesgos asociados a la exposición a los nanomateriales. Recopilan información de estudios científicos y regulaciones relevantes. En grupos, crean un póster visual (imagen) que presenta los posibles riesgos y usos de los nanomateriales. Además, preparan una presentación oral (habla) donde explican cómo la química puede contribuir a evaluar la seguridad de los nanomateriales, utilizando gráficos (gráfico) para mostrar datos. También discuten estrategias para minimizar los impactos adversos. La actividad puede incluir modelos táctiles (táctil) que representen nanomateriales en diferentes escenarios.</p>
Semiosis combinadas	Escritura, imagen, habla, gráfico y táctil
Secuencia didáctica 5	
Contextualización	La crisis global de residuos plásticos ha impulsado la búsqueda de soluciones sostenibles. La química desempeña un papel relevante en el desarrollo de materiales biodegradables y en la optimización de procesos de reciclaje.
Preguntas generadoras	¿Cómo pueden los estudios de química de materiales ayudar en la creación de alternativas sostenibles a los plásticos convencionales? ¿Cuáles son las estrategias más prometedoras para abordar la crisis de residuos plásticos?
Objetivo general de la secuencia didáctica	Desarrollar materiales alternativos a los plásticos convencionales a través de enfoques químicos sostenibles, promoviendo la reducción de impactos ambientales.
Ejemplo de actividad evaluativa multimodal	<p>Propuestas para la sostenibilidad de los materiales plásticos</p> <p>Los estudiantes trabajan en equipos para crear propuestas de soluciones sostenibles para la crisis de los residuos plásticos. Cada equipo produce un video (sonido e imagen) que explica los avances en química de materiales que pueden usarse para crear alternativas a los plásticos convencionales. También deben detallar las estrategias más prometedoras para abordar la crisis de los residuos plásticos, incluyendo el reciclaje, la reducción del uso de plásticos desechables y la concientización pública. Además, crean un espacio de exhibición (espacial) en la escuela con maquetas, subtítulos (escritura) y muestras de materiales alternativos.</p>
Semiosis combinadas	Escritura, sonido, imagen y espacial
Secuencia didáctica 6	
Contextualización	El aumento de la resistencia a los antibióticos es un problema crítico de salud pública, además de los problemas relacionados con la automedicación y diagnósticos erróneos. Comprender los mecanismos moleculares involucrados en la resistencia bacteriana es esencial para el desarrollo de nuevos medicamentos y para comprender su funcionamiento químico, físico y biológico en los pacientes.
Preguntas generadoras	¿Cuáles son los principales mecanismos moleculares que conducen a la resistencia bacteriana a los antibióticos? ¿Cómo puede la investigación en química combatir este problema?

Objetivo general de la secuencia didáctica	Explorar los mecanismos bioquímicos de la resistencia bacteriana a los antibióticos, con el objetivo de contribuir a la investigación sobre nuevos agentes antimicrobianos.
Ejemplo de actividad evaluativa multimodal	Investigación sobre resistencia bacteriana Los estudiantes realizan una investigación para indagar sobre los principales mecanismos moleculares que llevan a la resistencia bacteriana a los antibióticos. Trabajan en laboratorios (espacial) para llevar a cabo experimentos simulados, observando las interacciones entre los antibióticos y las bacterias. Cada equipo documenta sus conclusiones en informes escritos (escritura) y crea modelos visuales (imagen) que representan las estructuras moleculares involucradas. También pueden grabar podcasts (sonido) discutiendo los resultados y cómo la investigación en química puede identificar alternativas para abordar el problema.
Semiosis combinadas	Escritura, espacial, imagen y sonido

En términos de orientaciones para la planificación y acción docente, considerar una base semiótica en la evaluación del conocimiento implica reconocer que la semiótica es útil para fundamentar el estudio y la reflexión docente sobre los conocimientos químicos y sobre el uso de representaciones químicas mediante símbolos y signos integrados en uso, que desempeñan un papel crucial en la elaboración y comunicación en situaciones de aula. En este sentido, la transformación de significados a través de signos, símbolos y elementos de comunicación para la evaluación desempeña un papel central en la producción y representación del conocimiento químico. La adopción de una perspectiva multimodal que considera la variedad de modos semióticos, como el lenguaje oral, escrito, imágenes, gráficos, sonido, gestos, entre otros, permite analizar cómo los estudiantes elaboran significados y resuelven problemas sociocientíficos que integran contextos de conocimientos químicos. De igual manera, es importante que el profesor reconozca la relevancia del análisis de interacciones en la producción de significados y de la dinámica interaccional como una forma de interpretar cómo los estudiantes organizan y comunican el conocimiento químico a través de otras modalidades, lo que amplía las posibilidades de evaluación del aprendizaje. De esta manera, el profesor que considera la enseñanza y evaluación multimodal e incluye actividades de esta naturaleza en el aula que atiendan a las diversas formas de comunicación y representación más allá de lo oral y lo escrito puede interpretar cómo los estudiantes utilizan diferentes modos semióticos al interactuar con otros y participar en la producción, representación y comunicación del conocimiento químico.

Consideraciones Finales

La química, como ciencia, tiene un lenguaje específico, conceptos, terminologías y teorías. Para responder adecuadamente a las contingencias educativas, los profesores suelen promover reflexiones sobre la práctica docente e incluir apoyos y metodologías dirigidas a la enseñanza de la química. Sin embargo, no siempre atribuye especial relevancia a la evaluación de los aprendizajes (Crossouard, 2009; Cowie, Moreland y Otrell-Cass, 2013; Maceno, 2012, 2020). Como se ha discutido, la teoría sociocultural, específicamente la acción mediada y la semiótica social, aportan a la planificación de evaluaciones multimodales que emplean imágenes, gráficos, sonidos, discurso, gestos y otros elementos para analizar

los procesos de uso del lenguaje, la representación y la comunicación en el ámbito de la química. Esta combinación de semiosis se ve favorecida cuando el profesor considera una planificación adecuada de las herramientas y signos a evaluar. Se ha debatido que una evaluación que se basa sólo en el lenguaje escrito es poco efectiva, por lo que es común que el profesor incluya otras semiosis para evaluar a los estudiantes, incluso de forma implícita. Una evaluación que se limite únicamente a las palabras, sin variedad de referentes y que prescindiera de otros signos, impide que los estudiantes desarrollen procesos mentales significativos para el pensamiento químico necesario en el aprendizaje conceptual.

Se han planteado reflexiones sobre cómo las herramientas culturales y los modos semióticos pueden contribuir a la organización de evaluaciones multimodales que generen circunstancias y dinámicas significativas para enseñar sobre problemas sociocientíficos y evaluar las ideas y argumentos de los estudiantes. En este sentido, la combinación de diversos modos semióticos puede proporcionar nuevas formas de interpretar el proceso de producción de significado (Kress, 2010; Tytler y col, 2013). Por lo tanto, una evaluación que se apoye en la performance verbal y no verbal crea contextos dinámicos e interactivos de interpretación de los significados intercambiados por los estudiantes. Estos medios comunicacionales y de representación permiten al profesor buscar evidencias e inferencias sobre la producción de significados cuando estos recursos se utilizan de manera articulada (Maceno, 2020).

Teniendo en cuenta los desafíos actuales que enfrentan los profesores en la planificación de la evaluación en el ámbito disciplinar de la química, se puede afirmar que las dificultades de aprendizaje, la educación especial y la enseñanza remota de emergencia resaltan la importancia de la prontitud en la creación de evaluaciones multimodales. Los problemas de aprendizaje nos llevan a reflexionar sobre cómo la evaluación puede generar contextos que permitan el uso de conceptos en el desarrollo de los estudiantes que aún no dominan el material y las herramientas simbólicas necesarias para el aprendizaje de la química. La educación especial implica la necesidad de utilizar múltiples sentidos para desarrollar las diferentes capacidades de los estudiantes. Asimismo, la enseñanza remota de emergencia, que incluye formas de interacción síncrona y asíncrona, permite que los estudiantes acompañen al profesor únicamente de manera virtual. Esto indica la necesidad de reconsiderar las prácticas tradicionales de evaluación, que se limitan al uso de papel y lápiz.

En consecuencia, se puede concluir que el uso de la multimodalidad en la evaluación del conocimiento químico en el ámbito escolar es fundamental para superar la suposición de que la elaboración de significados se produce únicamente a través del lenguaje verbal y que la performance se origina únicamente a partir de la utilización de un modo semiótico aislado (Mortimer y Quadros, 2018). Solo a través de la combinación de múltiples modos semióticos es posible atribuir sentidos, por lo tanto, el aprendizaje químico debe motivar a los estudiantes a emplear cada vez más evaluaciones visuales, espaciales, sonoras, gráficas, gestuales u otros modos semióticos.

En el contexto del aprendizaje de la química, es importante que los estudiantes sean motivados a utilizar y desarrollar habilidades en evaluaciones que involucren diferentes modalidades, como lo visual, espacial, sonoro, gráfico, gestual y otros modos semióticos. Solo mediante la combinación de múltiples modos semióticos es posible atribuir significados de manera más completa y enriquecedora.

Referencias

- Anastopolou, S., Sharples, M., y Baber, C. (2011). An evaluation of multimodal interactions with technology while learning science concepts. *British Journal of Educational Technology*, 42(2), 266-290. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8535.2009.01017.x>
- Andrade, V. F., Pinheiro, T. de A. y Pinheiro, T. de A. (2020). Aulas práticas de Química online no processo de ensino e aprendizagem em tempos de pandemia. En: *Integra EAD 2020 UFMS*, 1., Campo Grande. Anais do Integra EAD 2020 UFMS.
- Araújo Neto, W. N. de (2015). Semiótica, cultura e conhecimento químico. In: Gois, J. (Org). *Epistemologias e processos formativos em ciências e matemática*. Brasil, Jundiaí: Paco Editorial, 133-162.
- Bedin, E. y Del Pino, J.C. (2018). Avaliação no Ensino Médio Politécnico como processo de construção de saber na relação professor-aluno. *Revista Educação Pública*, 27(16), 975-996.
- Bego, A., Alves, M. y Giordan, M. (2019). O planejamento de sequências didáticas de química fundamentadas no Modelo Topológico de Ensino: potencialidades do Processo EAR (Elaboração, Aplicação e Reelaboração) para a formação inicial de professores. *Ciência & Educação*, 25(3), 625-645.
- Bezemer, J., Diamantopoulou, S., Jewitt, C., Kress, G. y Mavers, D. (2012). Using a Social Semiotic Approach to Multimodality: Researching Learning in Schools, Museums and Hospitals. National Centre for Research Methods, Working Paper, 01/12, 2012. 15p.
- Candela, A. (1999). Students' power in classroom discourse. *Linguistics and Education Journal*. 10(2), 139-163.
- Cope, B., Kalantzis, M., Mccarthey, S., Vojak, C. y Kline, S. (2011). Technology-Mediated Writing Assessments: Principles and Processes. *Computers and compositions*, 28, 79-96. <https://doi.org/10.1016/j.compcom.2011.04.007>
- Correia, M.S.M. e Freire, A. M.S.S. (2014). Concepções e práticas de avaliação de professores de Ciências físico-químicas do ensino básico. *Investigações em Ensino de Ciências*, 19(2), 403- 429.
- Cowie, B., Moreland, J. y Otrell-Cass, K. (2013). *Expanding Notions of Assessment for Learning: Inside Science and Technology Primary Classrooms*. The Netherlands, Rotterdam: Sense Publishers.
- 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>
- Cubillas, P.I. y Estaban, P.G. (2022). Las tecnologías digitales en la Educación y la Formación en Tiempos de Pandemia. *Campo Abierto*, 41(2), 141-146. <https://doi.org/10.22458/ie.v22iEspecial.3173>
- Duboc, A. P. M. (2015). Avaliação da aprendizagem de línguas e os multiletramentos. *Estudos de Avaliação Educacional*, 26(63), 664-687. <https://doi.org/10.18222/iae.v26i63.3628>

- Ferreira, L.; Imasato, H. y Queiroz, S. (2012). Textos de divulgação científica no ensino superior de química: aplicação em uma disciplina de Química Estrutural. *Educación Química*, 23(1), 49-54.
- Fiori, R. y Goi, M. E. J. (2020). O Ensino de Química na plataforma digital em tempos de Coronavírus. *Revista Thema*, 18(n. especial), 218-242. <https://doi.org/10.15536/thema.V18.Especial.2020.218-242.1807>
- 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. Recuperado a partir de <https://www.jstor.org/stable/30198071>
- Giordan, M. (2013). *Computadores e linguagens nas aulas de ciências*. Brasil, Ijuí: Editora da Unijuí.
- Giordan, M., Silva-Neto, A. B. y Aizawa, A. (2015). Relações entre gestos e operações epistêmicas mediadas pela representação estrutural em aulas de Química e suas implicações para a produção de significados. *Química Nova na Escola*, 37(n. esp.), 82-94. <https://doi.org/10.5935/0104-8899.20150021>
- Gipps, C. (1994). *Beyond testing: towards a theory of educational assessment*. London: The Falmer Press.
- Gómez, M. y Jakobsson, A. (2014). Everyday classroom assessment practices in science classrooms in Sweden. *Cultural Studies of Science Education*, 9, 825–853. <https://doi.org/10.1007/s11422-014-9595-y>
- Halliday, M.A.K. (1978). *Language as social semiotic*. The social interpretation of language and meaning. England, London: Edward Arnold.
- Halliday, M.A.K. y Matthiessen, C. (2014). *Halliday's introduction to functional grammar* (4th ed.). United States of America, New York: Routledge.
- Kress, G. (2010). *Multimodality: A Social Semiotic Approach to Contemporary Communication*. United States of America, New York: Routledge.
- Lambach, M., Marques, C.A. y Silva, A.F.G. da. (2018). Avaliação de processos para a formação docente fundamentados na perspectiva dialógico-problematizadora: categorias de análise. *Revista Ensaio: avaliação de políticas públicas da Educação*, 26(100), 1128-1150. <https://doi.org/10.1590/S0104-40362018002601105>
- Maceno, N.G. (2012). Compreensões e significados sobre o novo ENEM entre profissionais, autoridades e escolas. 2012. 320p. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências e em Matemática) – Setor de Ciências Exatas, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.
- Maceno, N.G. (2020). *A avaliação da aprendizagem em sequências didáticas no ensino de Ciências: contribuições para o planejamento, ação e reflexão docente*. 2020. 504p. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2020.

- Maceno, N.G. y Giordan, M. (2017). Os movimentos epistêmicos de um professor de Química numa aula sobre o tema "Obesidade Infantil": análise dos processos avaliativos e a linguagem. En: *Encontro Nacional de Pesquisas no Ensino de Ciências*, 11., Florianópolis. Anais do Encontro Nacional de Pesquisas no ensino de Ciências.
- Maceno, N. G. y Giordan, M. (2019). Mapeamento de episódios de ensino de uma sequência didática de Química e a análise de atividades avaliativas na interação. En: *Encontro Nacional de Pesquisas no ensino de Ciências*, 12., Natal. Anais do Encontro Nacional de Pesquisas no ensino de Ciências.
- Maceno, N. G. y Giordan, M. (2019b). Evaluation conceptions and science teaching challenges in the context of teaching planning. En: *Conference of the European Science Education Research Association*, 13., Bologna. Anais do Conference of the European Science Education Research Association.
- Maceno, N. G. (2021). Tensões e conflitos oriundos do ensino e avaliação em Ciências: imparidades nas interações discursivas em sala de aula. En: *Encontro Nacional de Ensino de Química*, 20., Pernambuco. Anais do Encontro Nacional de Ensino de Química.
- Mehan, H. (1979). *Learning lessons: social organization in the classroom*. Cambridge: Harvard University Press.
- Mercer, N. (2004). Sociocultural discourse analysis: analysing classroom talk as a social mode of thinking. *Journal of Applied Linguistics*, 1(2), 137-168. <https://doi.org/10.1558/japl.2004.1.2.137>
- Mortimer; E.F., Moro, L. y Sá, E.F. de. (2018). Referenciais teóricos utilizados na pesquisa: discurso, semiótica social e multimodalidade. En: Mortimer; E.F. e Quadros, A. (editors), *Multimodalidade no Ensino Superior*, (pp. 17-52). Brasil, Ijuí: Editora UNIJUÍ.
- Mortimer; E.F. y Quadros, A. (2018). *Multimodalidade no Ensino Superior*. Brasil, Ijuí: Editora UNIJUÍ.
- Oliveira, F. V. de, Candito, V., Guerra, L. y Schetinger, M. R. C. (2020). Aprendizagem baseada em problemas por meio da temática Coronavírus: uma proposta para ensino de Química. *Interfaces Científicas – Educação*, 10(1), 110–123. <https://doi.org/10.17564/2316-3828.2020v10n1p110-123>
- Pereira, A.P. de y Ostermann, F. (2012). A aproximação sociocultural à mente, de James V. Wertsch, e implicações para a educação em ciências. *Ciência & Educação*, 18(1), 23-39. <https://doi.org/10.1590/S1516-73132012000100002>
- Quadros, A.L. de y Giordan, M. (2019). Rotas de transição modal e o ensino de representações envolvidas no modelo cinético molecular. *Investigações em Ensino de Ciências*, 24(3), 74-100. <https://doi.org/10.22600/1518-8795.ienci2019v24n3p74>
- Quintanilla-Gatica, M., Cabrera, H. G. y Zambrano, J. (2022). La historia y la filosofía de la química en la formación inicial del profesorado de química. *Educación Química*, 33(4), 192-205. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2022.4.0.81572>
- Santos, Z.B. (2014). A Linguística Sistêmico-Funcional: algumas considerações. *Soletras revistas*, 28, 164-181. <https://doi.org/10.12957/soletras.2014.12994>

- Sgarbosa, E.C., Bego, A. M. y Giordan, M. (2017). Planejamento de ensino e multimodalidade na formação inicial de professores de química. En: *Encontro Nacional de Pesquisas no ensino de Ciências*, 11., Florianópolis. Anais do Encontro Nacional de Pesquisas no ensino de Ciências.
- Tang, K., Tan, A. y Mortimer, E. F. (2021). The Multi-timescale, Multi-modal and Multi-perspectival Aspects of Classroom Discourse Analysis in Science Education. *Research in Science Education*, 51(1), 1-11. <https://doi.org/10.1007/s11165-020-09983-1>
- Tytler R., Prain, V.; Hubber, P. y Waldrip, B (2013). *Constructing Representations to Learn in Science*. The Netherlands, Rotterdam: Sense.
- Vigotski, L. (2001). *A construção do pensamento e da linguagem*. São Paulo, São Paulo: Martins Fontes.
- Wertsch, J. V. (1998). *Mind as action*. United States of America, New York: Oxford University Press.
- Wanselin, H., Danielsson, K. y Wikman, S. (2022). Analysing Multimodal Texts in Science - a Social Semiotic Perspective. *Research in Science Education*, 52, 891–907. <https://doi.org/10.1007/s11165-021-10027-5>