

Desde el uso de libros paradidácticos hasta la aproximación de prácticas epistémicas en clases de química

Marcelle Cristina Correia Sena e Fernando César Silva

Faculdade de Educação (FaE), Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais/Brasil. E-mails: marcelle.c.sena@gmail.com e fcsquimico@yahoo.com.br

Resumen: El uso de libros paradidácticos tiene el potencial de favorecer las acciones de los estudiantes que están cerca de las prácticas epistémicas. Por lo tanto, buscamos identificar prácticas epistémicas en los registros escritos producidos por los estudiantes. En esta secuencia didáctica, se utilizó un libro paradidáctico como recurso para apoyar la resolución del problema propuesto. Las actividades realizadas por los estudiantes a lo largo de la secuencia se utilizaron como fuentes de producción de datos, y el Análisis Discursivo Textual se utilizó para analizar estos datos. El uso del libro de texto asociado con un problema puede haber dado lugar al desarrollo de las siguientes prácticas epistémicas: problematización, elaboración de hipótesis, planeamiento de la investigación, construcción de datos, consideración de diferentes fuentes de datos y el uso de representaciones visuales. El uso del libro paradidáctico asociado con un problema puede favorecer el desarrollo de prácticas epistémicas relacionadas principalmente con la producción de conocimiento.

Palabras clave: educación química, escuela secundaria, química orgánica, paradidácticos, enseñanza por investigación.

Title: From the use of paradidactic books to the approach of epistemic practices in chemistry classes

Abstract: The use of paradidactic books has the potential to favor the actions of students who are close to epistemic practices. Thus, we seek to identify epistemic practices in the written records produced by students. In this didactic sequence a paradidactic book was used as a resource to support the resolution of the proposed problem. The activities performed by students throughout the sequence were used as sources of data production, and Textual Discursive Analysis was used to analyze these data. The use of the textbook associated with a problem may have given rise to the development of the following epistemic practices: problematization, hypothesis elaboration, investigation planning, data construction, consideration of different data sources and the use of visual representations. The use of the paradidactic book associated with a problem can favor the development of epistemic practices related mainly to the production of knowledge.

Keywords: chemistry education, high school, organic chemistry, paradidactic, inquiry-based science teaching.

Introducción

Una de las causas de las dificultades de los estudiantes en la disciplina de Química Orgánica puede estar asociada a los enfoques de sus contenidos, que se basan principalmente en la memorización de nombres y la clasificación de compuestos orgánicos. Para minimizar estas dificultades, Pabuccu y Erduran (2017) sugieren que los estudiantes se involucren, por ejemplo, en actividades que promuevan la construcción de argumentos basados en evidencia. Además, corresponde a los docentes involucrarlos también en el análisis e interpretación de datos, proposición de hipótesis, elaboración y defensa de predicciones y producción de explicaciones plausibles de los fenómenos en sus contextos (Talanquer, 2018).

En las clases y en los textos de los libros didácticos se observa que, en general, no se discute con los estudiantes por qué el carbono es el foco de estudio de la Química Orgánica, y no el oxígeno, por ejemplo, que es un elemento más abundante que el carbono. Tampoco se discuten las características que dan versatilidad al carbono, haciéndolo esencial para la Química Orgánica, mucho menos la relación entre los compuestos orgánicos y sus propiedades físicas, químicas, biológicas y farmacológicas. Loyola y Silva (2017) informaron de la aplicación de un taller temático para estudiantes del bachillerato en una escuela pública, utilizando plantas medicinales para discutir grupos funcionales. A partir del informe de estos autores, en las actividades analizadas, los estudiantes pudieron: i) identificar los grupos funcionales del principio activo de la planta y su relación con la actividad farmacológica y ii) la influencia de los grupos funcionales del principio activo para la solubilidad en el solvente utilizado en la extracción. Además de estos conceptos, los estudiantes se dieron cuenta del valor del conocimiento tradicional y la importancia de preservar la biodiversidad (Loyola y Silva, 2017).

Además, en la literatura, se encuentran varios trabajos sobre la Enseñanza de la Química Orgánica, de los cuales describimos un resumen breve de los resultados de investigación de algunos de ellos. Estos trabajos abordan contenidos de química orgánica, utilizando diferentes estrategias didácticas, como el uso de juegos, por ejemplo, Zanon, Guerreiro y Oliveira (2008) discutieron las etapas de diseño, producción, aplicación y evaluación de la propuesta del juego Ludo Químico para la enseñanza de la nomenclatura de compuestos orgánicos. Apuntaban a la función educativa del juego, observada durante su aplicación, al mismo tiempo que favorecía la adquisición de conocimiento en un clima de alegría y placer. El enfoque temático también ha sido ampliamente utilizado en Júnior y Silva (2016), donde fue investigado la comprensión de los estudiantes de secundaria sobre los contenidos, que implican isomerismo, funciones orgánicas y radicales libres basados en las actividades con un enfoque CTS. Cavalcanti, Freitas, Melo y Filho (2010) hizo uso de intervenciones didácticas, en las que se utilizó el tema "Pesticidas" como eje guía en el aprendizaje de los contenidos del programa Química, por

ejemplo, sustancias y mezclas, tabla periódica, funciones químicas, soluciones, química ambiental y estudio del carbono, funciones orgánicas y química ambiental.

La secuencia didáctica propuesta en este trabajo se diferencia de las anteriores en la perspectiva que buscamos discutir las características del carbono para la formación de compuestos orgánicos, a través de un libro paradidáctico. Los libros paradidácticos son recursos didácticos más flexibles que los libros de texto, apareciendo como una forma diferente para que el docente trabaje diferentes contenidos del componente curricular de una manera más contextualizada y articulada (Kurz, Piva y Bedin, 2019).

Además, buscamos posibilidades para enfoques de Química Orgánica que van más allá de la discusión de "conceptos científicos [...] como productos terminados de un cuerpo de conocimiento" (Solino, Ferraz y Sasserón, 2015, pp. 1). La enseñanza por investigación distancia esta discusión de los conceptos científicos como producto final y se acerca al proceso de construcción de estos conceptos, al permitir, como lo señala Carvalho (2013), que: i) el estudiante expone sus conocimientos previos para traer otros nuevos y ii) presente y discuta sus ideas con sus colegas y profesor. Esta participación de los estudiantes en el proceso de investigación brinda oportunidades para el desarrollo de prácticas epistémicas, ya que son guiados por el profesor para proponer, comunicar y evaluar el conocimiento (Sasserón y Duschl, 2016). A medida que el profesor articula este movimiento de producción de conocimiento en el aula, acercándose a la práctica científica, como lo afirman Sasserón y Duschl (2016), la aparición de estas prácticas epistémicas indica el compromiso del alumno y la comprensión de los conceptos, ideas y prácticas científicas. Las prácticas epistémicas pueden entenderse como las acciones de los estudiantes en momentos de interacción crítica para proponer, comunicar, evaluar y legitimar conocimientos (Kelly y Licon, 2018).

No hay muchos trabajos en la literatura que involucren prácticas epistémicas y Química Orgánica. De los existentes, no hay ninguno destinado a bachillerato. Por ejemplo, Bhattacharyya (2008), investigando estudiantes de pregrado y posgrado en síntesis orgánica, afirmó que aprenden lo que él llama el lenguaje y la heurística de la Química Orgánica, en ese orden. La comprensión conceptual profunda de esta área de la química solo ocurre cuando las personas se convierten en practicantes experimentados. Graulich y Schween (2018) también coinciden en que esta comprensión conceptual puede ser uno de los principales retos a los que se enfrentan los estudiantes al estudiar Química Orgánica. Destacan que, en Química Orgánica, las prácticas epistémicas se enfocan en identificar y evaluar las transformaciones que ocurren entre las moléculas. Sin embargo, los estudiantes universitarios explican estas transformaciones solo a través de la estructura, y que una visión más elaborada, considerando la interdependencia entre la comprensión conceptual y los hallazgos experimentales, parece desarrollarse solo en los niveles avanzados de posgrado. Los dos últimos artículos encontrados son más recientes y examinan prácticas científicas asociadas a la escritura científica en

Química Orgánica en China (Deng, Kelly y Xiao, 2019; Deng, Kelly y Deng, 2019), de un curso Experimento de Química Orgánica Avanzada. En uno de los estudios (Deng, Kelly y Xiao, 2019), se investigó el desarrollo de la competencia de escritura científica de los estudiantes en cuanto a normatividad, objetividad y lógica, indicando la importancia de la escritura para el aprendizaje de la Química Orgánica. En el artículo de Deng, Kelly y Deng (2019) se relata cómo la participación de estudiantes chinos en actividades relacionadas con la lectura, la revisión por pares y la discusión desarrollaría prácticas epistémicas relacionadas con la comunicación y legitimación del conocimiento científico.

Stroupe (2014), complementando la discusión de Duschl (2008) sobre la consideración de los dominios conceptual, epistémico y social del conocimiento científico para la planificación e implementación de propuestas didácticas en las clases de ciencias, incluye el dominio material del conocimiento científico para la consolidación del enfoque de enseñanza de la ciencia como práctica. El dominio material se refiere a la creación, uso y adaptación de herramientas, tecnologías y modos de organización para promover el desarrollo del trabajo intelectual (Stroupe, 2014). Esto significa que en este dominio podemos incluir tanto materiales de laboratorio, por ejemplo, reactivos, aparatos experimentales, como materiales de clase, como libros.

Considerando la forma en que se abordan los libros en el aula, estos pueden apoyar el trabajo intelectual de la práctica, lo que implica el desarrollo de prácticas epistémicas en el aula. En este sentido, los libros pueden ser puestos bajo investigación, como fuente para plantear el problema. Por otro lado, los libros se pueden utilizar como fuente de datos a recopilar para apoyar la resolución de un problema. Expuestas estas ideas, entendemos que el libro paradidáctico puede atender estas posibilidades, ya que los conceptos se presentan a través de temas con un enfoque contextualizado, flexible, interactivo y atractivo de los contenidos (Rodrigues, 2015).

En vista de la importancia de este tipo de enfoque en la enseñanza, tratamos de responder la siguiente pregunta de investigación: ¿Qué prácticas epistémicas pueden desarrollar los estudiantes, mediante el uso de un libro paradidáctico, en una secuencia de clases de química orgánica en la escuela secundaria? Para responder a esta pregunta, se analizaron once clases de cincuenta minutos, utilizando el Año Internacional de la Tabla Periódica para problematizar el estudio sobre el carbono, y el libro paradidáctico como apoyo para resolver el problema. Para analizar su participación en la actividad propuesta, buscamos identificar las prácticas epistémicas desarrolladas. Utilizamos registros escritos por dos motivos: i) desde el punto de vista de la investigación en educación, se encontraron pocos estudios sobre la identificación de prácticas epistémicas a partir del discurso escrito y ii) porque esperábamos que el uso de representaciones visuales fuera una de las prácticas más frecuentes, dada la naturaleza del contenido cubierto y la especificidad de la Química Orgánica.

Marco teórico

Más y más estudios recientes sobre el proceso de enseñanza y aprendizaje en Ciencias han señalado la necesidad de crear un ambiente de investigación en el aula, en el que los profesores acerquen la cultura escolar a la cultura científica, por ejemplo, ver Cascarosa et al., (2020) e Cascarosa, Pozuelo e Calvo (2022). La enseñanza de la investigación puede permitir a los estudiantes exponer sus conocimientos previos y adquirir otros nuevos, debatir sus ideas con sus colegas y el profesor, pasar del conocimiento espontáneo al científico y comprender el conocimiento existente (Carvalho, 2013).

A pesar de las diferentes interpretaciones sobre lo que es la enseñanza por investigación, este enfoque tiene un elemento consensuado, la proposición de un problema. Aun utilizando las ideas de Carvalho (2013), este enfoque puede comenzar con un problema para que los estudiantes sean introducidos al tema a estudiar, ofreciéndoles condiciones para que piensen y trabajen con conocimiento científico sobre el contenido del programa. Después de resolver el problema, es necesaria una actividad de sistematización de ideas con alternativas donde los estudiantes puedan pensar y discutir lo que hicieron para resolver el problema inicial. También es importante que el conocimiento se contextualice y que los estudiantes puedan explorarlo en otros contextos.

Entre los diversos recursos que podemos utilizar para fomentar la investigación, tenemos los libros paradidácticos. Según Campello y Silva (2018), la preocupación por la lectura, como responsabilidad de todos los educadores en una escuela, ha aumentado la producción y el uso de estos libros. Los paradidácticos brindan la posibilidad de insertar a los estudiantes en el entorno de interpretación de lectura y texto. Esta inserción es importante no solo en la disciplina del idioma portugués, sino en todos los demás, al mismo tiempo, este recurso contextualiza y ayuda a la comprensión de este tema en los libros paradidácticos, el contenido escolar se aborda de manera más contextualizada, estimulando la curiosidad de los estudiantes por la lectura y agregando información relevante a los procesos de enseñanza y aprendizaje (Kurz et al., 2019). Este enfoque se opone a la forma en que se organiza el contenido en la mayoría de los libros de texto, una estructura lineal y desarticulada (Assis y Carvalho, 2008).

Kurz et al., (2019) citando varios estudios sobre libros paradidácticos enumeraron algunas de sus características: i) no cumplen una secuencia explícita y se guían por prerrequisitos para abordar los contenidos, ii) presentan un lenguaje más accesible y contextualizado, mostrando ciencias cotidianas y aportando elementos para comprender los problemas sociales, iii) proporcionan a los estudiantes la recursividad de conceptos para fomentar nuevas comprensiones, etc. Sin embargo, el uso de estas características para ayudar en el proceso de enseñanza y aprendizaje no ocurre simplemente entregando el libro paradidáctico a los estudiantes. La orientación del docente es fundamental, presentando el tema, problematizando el contenido, organizando la discusión, aclarando dudas y estableciendo relaciones (Assis y Carvalho, 2008).

Los libros paradidácticos se utilizan como material complementario a la planificación pedagógica y al desarrollo del entorno docente. Por lo tanto, no necesitan cumplir con los requisitos de un libro de texto, que, en el caso de la enseñanza de la Química, permite una mayor interactividad de los estudiantes con los fenómenos que ocurren en su vida diaria, proporcionando la comprensión de los problemas de la comunidad local y soluciones guiadas por ideas científicas. (Kurz et al., 2019). Rodrigues (2015) coincide con los autores citados en que, los libros paradidáctico utilizados como recurso didáctico proporcionan al alumno la comprensión de los conceptos presentados y también la posibilidad de interactuar de manera reflexiva y crítica con su entorno social, para desarrollar su ciudadanía. Además, para este autor, los libros paradidácticos pueden favorecer la capacitación crítica, reflexiva y creativa, y mediar en la capacidad de leer e interpretar textos.

Según Campello y Silva (2018), para que haya calidad en un libro paradidáctico, debe fomentar el aprendizaje de los estudiantes al hacer que el estudio del tema sea más interesante y menos "didáctico" como se puede encontrar en los libros didácticos. Parte de la sinopsis del libro "Los botones de Napoleón: las 17 moléculas que cambiaron la historia" (2006) ejemplifica la noción de paradidáctico:

"... Los botones de Napoleón es un análisis fascinante de 17 grupos de moléculas que, como la lata de esos botones, influyeron en el curso de la historia. Estas moléculas produjeron grandes hazañas en ingeniería y produjeron importantes avances en medicina y derecho. Además, determinaron lo que comemos, bebemos y usamos hoy." (sinopsis).

En el proceso de enseñanza y aprendizaje, la interacción entre los alumnos y el profesor, articulando recursos didácticos y movimientos en el proceso de investigación puede favorecer el desarrollo de prácticas epistémicas. Se definen como prácticas sociales que una comunidad utiliza para proponer, comunicar, evaluar y legitimar el conocimiento que se está construyendo en el aula (Sasseron y Duschl, 2016; Kelly, 2005). Debido a la naturaleza de la secuencia didáctica propuesta, los estudiantes pueden desarrollar algunas prácticas epistémicas, como se muestra en la Tabla 1.

Según Silva (2015), las prácticas epistémicas pueden contribuir a que los estudiantes comprendan la naturaleza del conocimiento científico. Además, la aparición de estas prácticas puede indicar la participación del estudiante durante las actividades propuestas (Sasseron y Duschl, 2016) y el aprendizaje epistémico (Araújo, 2008). Por lo tanto, cuando se piensa en un enfoque de investigación utilizando el libro paradidáctico, es esencial reconocer que se pueden proporcionar prácticas relacionadas con la producción de conocimiento. Sin embargo, la diversificación de los recursos utilizados, el formato de las actividades propuestas, la orientación del profesor, el contexto de los alumnos, el conocimiento que aportan, puede favorecer el desarrollo de otras prácticas epistémicas.

Prácticas sociales relacionadas con el conocimiento	Prácticas epistémicas	Detallado de prácticas epistémicas
Producción de conocimiento	Elaborar hipótesis	Elabora una propuesta para la explicación de un problema.
	Planear la investigación	Planea estrategias para investigar un problema.
	Construir datos	Recopila y cataloga datos.
	Considerar diferentes fuentes de datos	Utiliza alguna fuente de datos que no sea la solicitada para resolver el problema.
Comunicación del conocimiento	Utilizar representación es visuales*	Utiliza estructuras químicas para representar sus propias ideas y basar sus argumentos.
	Explicar	Establece una relación causal entre el fenómeno observado y los conceptos teóricos para darle sentido a este fenómeno.

Tabla 1: Prácticas epistémicas que se pueden favorecer con el uso del libro paradidáctico para solucionar el problema (Araújo, 2008; Silva, 2015). *Adaptamos el término original utilizado por Silva (2015; p. 62).

Metodología

La secuencia didáctica construida por el profesor/investigador que consta de once clases de cincuenta minutos, utilizando el Año Internacional de la Tabla Periódica para problematizar el estudio sobre el Carbono, y el libro paradidáctico como soporte para resolver el problema, se aplicó en tres clases del bachillerato de una escuela estatal ubicada en la región metropolitana de Belo Horizonte (MG, Brasil), que se encuentra en un área de vulnerabilidad social. Las clases fueron elegidas porque el contenido cubierto en la secuencia didáctica está relacionado con la Química Orgánica. Los estudiantes se inscribieron en el turno de la mañana y tienen entre 16 y 17 años. En general, ellos son curiosos en el aula, pero no dedican tiempo de estudio fuera de la escuela.

Antes de aplicar la secuencia didáctica, los estudiantes ya habían estudiado sobre: i) constitución de compuestos orgánicos, ii) características del átomo de carbono, iii) tipos de enlaces entre átomos de carbono y otros elementos, iv) redacción de fórmulas moleculares y estructurales y, v) clasificación de cadenas de carbono. Sin embargo, el enfoque utilizado por el profesor/investigador se basó principalmente en memorizar nombres y clasificaciones de cadenas de carbono. El enfoque de investigación fue elegido

en base a las discusiones del profesor/investigador en su participación en un curso de especialización en Educación Científica.

La secuencia didáctica se organizó como se describe a continuación en la Tabla 2. En la primera clase, el profesor proporcionó un texto, adaptado de literatura y de video, titulado "2019: El Año Internacional de la Tabla Periódica de Elementos Químicos". El texto se usó para plantear la propuesta del problema, usando preguntas como: "¿Y tú qué diría sobre estas propiedades" increíbles "del carbono?", para fomentar la curiosidad y el interés de los alumnos por el tema. De esta forma, estas discusiones posibilitarían la proposición del problema: "*¿Qué características debe tener el carbono para tener un área de Química solo para su estudio, la química orgánica?*".

Se instruyó a los estudiantes para que respondieran el problema en función de sus conocimientos previos. En la segunda clase, el profesor propuso una discusión, en grupos de un máximo de seis estudiantes, que resultó en siete grupos en la clase A, cinco grupos en la clase B y cinco grupos en la clase C, totalizando 17 grupos.

En la tercera clase, el profesor proporcionó un capítulo del libro paradidáctico "Los Botones de Napoleón: las 17 moléculas cambiaron la historia" de Penny Le Couteur y Jay Burreson para cada grupo, que contiene las estructuras de algunas moléculas. Después de leer el capítulo, cada grupo debería entregar un trabajo escrito, relativo a la molécula que fue seleccionada para el mismo con las propiedades del carbono. En el libro paradidáctico había varias moléculas y entre ellas se seleccionaron aquellas que permitieron estudiar la mayor cantidad de características estructurales del carbono, como enlaces simples, dobles y triples, anillos, enlaces con diferentes átomos, etc. Se utilizaron las moléculas de Piperina (Capítulo 1), Tetrahidrocanabinol (THC) (Capítulo 6), Betacaroteno (Capítulo 9), Penicilina (Capítulo 10), Sulfanilamida (Capítulo 10), Noretinodrel y Noretindrona (Capítulo 11), Bufotoxina de Rana (Capítulo 12) y Cafeína (Capítulo 13).

Cuatro aulas más de 50 minutos cada una se pusieron a disposición de los grupos para preparar el trabajo en el aula, de modo que el profesor pudiera controlar su desarrollo. Después de las clases de preparación para el trabajo, se proporcionaron cuatro aulas más de 50 minutos cada una para que los 17 grupos presentaran lo que habían preparado. Al final, el profesor sistematizó de manera expositiva los conceptos que se discutieron durante las clases de secuencia didáctica (Tabla 2).

Kelly y Licon (2018) afirman que las prácticas pueden ser intertextuales, construidas a partir de discursos, signos y símbolos orales y escritos, definidos por géneros de comunicación socialmente reconocidos, que se utilizan para proponer, justificar, evaluar y legitimar reclamos de conocimiento. Por lo tanto, para la recopilación/producción de datos, los registros escritos de los estudiantes se utilizaron en grupos. Esto también nos permitió: i) comprender cómo los estudiantes sistematizaron sus ideas, utilizando el discurso escrito y, ii) identificar el uso de representaciones visuales, entendidas por nosotros,

como fórmulas moleculares, mínimas y estructurales, ecuaciones químicas, que se utilizan para la construcción del conocimiento químico.

Aula	1ª aula	2ª aula	3ª aula a 7ª aula	8ª aula a 11ª aula
Síntesis de actividades realizadas.	Lectura y discusión de un texto para proponer el problema; Encuesta de ideas de los alumnos;	Planeamiento para la resolución del problema;	Resolución de problemas mediante el uso del libro paradidáctico;	Presentación de la resolución propuesta del problema;
Prácticas epistémicas que podrían verse favorecidas por la planificación realizada.	-	1) Elaboración de hipótesis; 2) Planeamiento de la investigación	3) Construcción de datos; 4) Consideración de diferentes fuentes de datos; 5) Uso de representaciones visuales;	6) Explicación;

Tabla 2: Distribución de clases según actividades y prácticas epistémicas que se podrían favorecer en cada una de ellas.

En esta investigación utilizamos el enfoque cualitativo de naturaleza intervencionista, ya que tenemos la intención de producir conocimiento sistematizado a partir de procesos intervencionistas en las clases de Química (Teixeira y Megid-Neto, 2017). Podemos clasificarlo como una investigación de aplicación, porque, de acuerdo con Teixeira y Megis-Neto (2017), todas las acciones realizadas en el aula de las tres clases fueron construidas en su totalidad por los investigadores. Además, citando a los mismos autores, no pretendemos transformar la práctica docente, ni la realidad de los estudiantes con la intervención realizada, sino en la participación de cuestiones relacionadas con el proceso de enseñanza y aprendizaje.

Los datos se obtuvieron de los registros escritos elaborados por los estudiantes de los grupos. Participaron 88 alumnos de tres clases del bachillerato. Se pidió a los estudiantes de los grupos que escribieran las ideas legitimadas de la discusión en los grupos. Esto es importante, ya que las prácticas epistémicas emergen en la interacción (Sasseron y Duschl, 2016). Esta discusión en grupos permite a los miembros evaluar las ideas de los demás y registrar lo que se acordó entre ellos. Una lectura inicial de los

registros escritos producidos en los tres grupos investigados permitió percibir similitudes, lo que nos llevó a analizar los datos de los tres grupos en conjunto.

Para analizar los datos, se utilizó el Análisis textual discursivo (ATD), que es un enfoque cualitativo destinado para comprender el fenómeno en estudio (Moraes y Galiazzi, 2006), a través de: i) unitarización, en la que los textos se separan en unidades de significado y la articulación de significados similares que se llama y ii) categorización, que puede generar numerosos niveles de categorías de análisis (Moraes y Galiazzi, 2006). Según Moraes (2003), las categorías *a priori* corresponden a las construcciones que el investigador prepara antes de realizar el análisis de los datos, como se describió anteriormente. Para la identificación de prácticas epistémicas (Tabla II), las categorías se establecieron *a priori*, a través de la tesis de Silva (2015). Así, las prácticas epistémicas caracterizadas por Silva (2015) fueron las categorías utilizadas en esta investigación.

En su tesis, Silva (2015) caracteriza 19 prácticas epistémicas, que son: problematizar, elaborar hipótesis, planificar investigaciones, hacer predicciones, construir datos, considerar diferentes fuentes de datos, concluir, citar, narrar, describir, usar lenguaje representativo, explicar, argumentar, ejemplificar, opinar, definir/conceptualizar, generalizar, usar datos para evaluar la teoría y evaluar la consistencia de los datos. A partir de las características de la secuencia y los objetivos didácticos propuestos, las unidades de significado encontradas en los textos se insertaron en las siguientes categorías: elaborar hipótesis, planificar investigaciones, construir datos, considerar diferentes fuentes de datos, uso de representaciones visuales y explicar (Tabla II). Silva (2015) no usa el término "uso de representaciones visuales", sino "usa lenguaje representativo". Sin embargo, el uso de representaciones visuales, en el contexto de este estudio, parece más apropiado, ya que evita tratar los términos "lenguaje representacional" y "representaciones visuales" como equivalentes. Esto se debe a que, para la inserción de unidades de significado en esta categoría, el uso de estas representaciones debe sustentar las hipótesis y componer las explicaciones necesarias para la construcción del conocimiento químico. Es decir, lo registrado por los estudiantes era perfectamente comprensible sin la representación visual, de modo que no se consideraría una práctica epistémica. Para otras prácticas, utilizamos los mismos términos adoptados por Silva (2015).

La ATD permite el análisis de registros escritos, desde la abstracción empírica a la teórica, exigiendo al investigador un intenso movimiento de interpretación y producción de argumentos, generando iii) metatextos que componen los textos interpretativos. El análisis textual discursivo reconstruye la comprensión de la ciencia y sus rutas de producción y el objeto de investigación y su comprensión (Moraes y Galiazzi, 2006). De esta manera, los metatextos se producen a la luz de los marcos teóricos utilizados y los entendimientos hechos posibles en las etapas previas del ATD.

Además de servir como categorías en este estudio "las prácticas epistémicas de las comunidades disciplinarias pueden aclarar las formas en que se construye el conocimiento y abrir múltiples caminos para comprender los fenómenos" (Kelly y Licona 2018; p. 245; nuestra traducción). Por lo tanto, al observar las prácticas epistémicas, tendremos evidencia de la participación de los estudiantes. En este proceso, en el que los estudiantes participan en las actividades propuestas y, en consecuencia, desarrollan prácticas epistémicas, se presenta con una red que conecta a estudiantes, docentes, conocimientos previos, científicos, comportamientos y normas establecidas, que también pueden considerarse como aprendizaje epistémico (Araújo, 2008; Silva, 2015; Kelly y Licona, 2018).

Resultados

La secuencia didáctica comenzó con el texto "2019: El Año Internacional de la Tabla Periódica de Elementos Químicos", que incluía algunos elementos químicos importantes para los humanos y dónde están presentes. Luego, se presentaron algunas propiedades del carbono para promover algunos cuestionamientos, por ejemplo, ¿Y tú qué dirías sobre estas propiedades "increíbles" del carbono?, para plantear el problema. Tales discusiones podrían involucrar a los estudiantes en el estudio de las propiedades estructurales para la formación de compuestos orgánicos, por ejemplo: i) hacer conexiones con varios elementos de la tabla periódica; ii) haciendo conexiones consigo mismo, formando cadenas largas, iii) formando anillos, y iv) haciendo conexiones simples, dobles y triples. En las clases previas a la aplicación de la secuencia, el profesor/investigador ya había comentado sobre los compuestos orgánicos. Sin embargo, el enfoque utilizado se basó principalmente en memorizar los nombres y clasificaciones de las cadenas de carbono. Esta fue una de las razones por las cuales el problema propuesto ya se relacionaba con las propiedades estructurales del carbono. Reconocemos que solo en una secuencia de clases, y usar solo registros escritos no es suficiente para afirmar que las prácticas epistémicas están, de hecho, siendo desarrolladas por los estudiantes, pero ya nos proporciona alguna evidencia.

La mayoría de los estudiantes reconocieron la importancia del carbono para la formación de compuestos orgánicos e inorgánicos. Sin embargo, no explicaron las propiedades estructurales necesarias para la formación de esta variedad de compuestos, de acuerdo con la transcripción de la respuesta proporcionada por el estudiante codificado como ocho en la clase A: "Es un elemento presente en todas las moléculas orgánicas y que también compone varios compuestos inorgánicos". (E8A). La respuesta del estudiante codificado como E10C llamó la atención porque trajo un compuesto que no se mencionó en el texto, como "está presente en casi todo lo que usamos, por ejemplo: grafito, que usamos en el lápiz mecánico para escribir".

En otro registro, los estudiantes se acercaron a las representaciones visuales para hablar sobre las propiedades estructurales del carbono, como "cuando jugamos en la fórmula podemos visualizar los enlaces de carbono con carbono y también con hidrógeno" (E19A). Incluso si el estudiante no ha explicado las

propiedades estructurales del carbono, percibe la capacidad del átomo de carbono para unirse entre sí y con diferentes átomos. Otro estudiante aporta más información al afirmar que "él es tetravalente, lo que le permite formar cuatro enlaces covalentes, pudiendo formar enlaces con varios otros elementos. Las cuatro valencias de carbono son las mismas, están directamente unidas entre sí formando cadenas de carbono" (E18A).

Las prácticas epistémicas se identificaron después de la segunda clase, ya que se formaron grupos de estudiantes. En esta clase de la secuencia didáctica, se propuso que los estudiantes discutieran una propuesta para planear la resolución del problema: "*¿Qué características debe tener el carbono para tener un área de Química solo para su estudio, la química orgánica?*" que se relacionó con el estudio de las propiedades estructurales del carbono. Con este problema se esperaba que los estudiantes enfatizaran las propiedades del carbono, por ejemplo, hacer enlaces con otros elementos y consigo mismo, formar largas cadenas, hacer enlaces simples, dobles y triples, entre otras características.

Algunos estudiantes consultaron el libro de texto y los sitios web para ayudarlos con sus propuestas de planeamiento para resolver el problema. En esta búsqueda, los estudiantes básicamente seleccionaron el uso de experimentos para estudiar las propiedades de los átomos de carbono. Esto contribuyó a la intervención del profesor. El discutió las propuestas con todos los estudiantes, discutiendo que algunas propuestas no eran posibles, por ejemplo, usando el microscopio óptico para visualizar el átomo de carbono. Al final de la discusión, el profesor estableció un consenso con los grupos de que las propiedades del carbono podrían estudiarse indirectamente, a través del análisis de las estructuras de los compuestos orgánicos. Para eso, en la actividad de la siguiente clase, cada grupo debería estudiar un capítulo del libro "Los Botones de Napoleón: las 17 moléculas que cambiaron la historia" para justificar la resolución del problema.

Desde la tercera hasta la séptima clase, los estudiantes, en los mismos grupos, deberían registrar las características estructurales del átomo de carbono que explican sus "propiedades increíbles", a través del capítulo seleccionado para cada grupo. El profesor no determinó un formato para que los estudiantes registraran sus explicaciones, pero debería estar lo más cerca posible del discurso escrito de la ciencia. A partir de los registros legitimados en cada grupo por los estudiantes, fue posible construir categorías que pueden indicar evidencia de prácticas epistémicas desarrolladas por los estudiantes. A partir de los registros producidos por los estudiantes, fueron identificadas las prácticas epistémicas señaladas en la Tabla 3.

Grupos de las tres clases investigadas (A, B y C) **construyeron datos**, ya que recopilaron y registraron información de extractos de capítulos específicos del libro "Los botones de Napoleón: las 17 moléculas que cambiaron la historia", textos indicados por el profesor y portales de *Internet* seleccionados por los propios estudiantes. Tenemos como ejemplo de construcción de datos el siguiente extracto del libro "Los botones de Napoleón: las 17 moléculas que

cambiaron la historia" tomado del registro de trabajo de uno de los grupos de la clase A: "Aunque es más pequeña que la Piperina y la Capsaicina (y, muchos dirían, no tan picante), la Zingerona también tiene un anillo aromático con los mismos grupos OH y H₃C-O, unidos como Capsaicina, pero sin ningún átomo de nitrógeno." (página 27). Sugerimos el desarrollo de esta práctica epistémica, porque, de acuerdo con Silva (2015), los estudiantes recolectaron y registraron los datos, dando al lector la oportunidad de ver la información que se solicitó en la instrucción del trabajo escrito. En este sentido, al buscar información en otros textos y portales en *Internet*, los estudiantes **recurrieron a diferentes fuentes de datos**. Como ejemplo tenemos el siguiente extracto buscado por los estudiantes de un grupo de la clase A en un sitio web de educación "En el THC, tenemos el grupo funcional éter (identificado por el átomo de oxígeno ubicado entre dos átomos de carbono) y el grupo funcional fenol (identificado por el grupo OH - hidroxilo) unido directamente al benceno." Esto nos proporciona evidencia del desarrollo de otra práctica epistémica, considerando diferentes fuentes de datos. Según Araújo y Mortimer (2009), esta práctica epistémica está relacionada con la producción de conocimiento, ya que los grupos utilizaron otras fuentes de datos además del libro paradidáctico para resolver el problema.

Prácticas epistémicas	Descripción para identificar prácticas
Construir Datos	Recopila y registra datos de los capítulos del libro específico "Los botones de Napoleón: las 17 moléculas que cambiaron la historia" y otras referencias relacionadas con lo que se está trabajando.
Considerar diferentes fuentes de datos	Utiliza una fuente de datos diferente a la solicitada para resolver el problema.
Citar	Hace referencia explícita a las inscripciones producidas por el profesor.

Tabla 3: Prácticas epistémicas identificadas en los registros escritos producidos por los estudiantes para resolver el problema propuesto.

Un grupo que presenta la estructura del β -caroteno clasificó la cadena de carbono como "No saturada: tiene al menos un enlace doble o triple entre los carbonos" (G5C), mostrando el discurso del profesor en clases anteriores. Es posible notar en esta entrada del trabajo, que existe la práctica epistémica **citar**. Según Silva (2015), sugerimos que este grupo, al hacer esta cita, hace referencia explícita a las inscripciones producidas por el profesor, desarrollando así una práctica epistémica.

En las actividades propuestas, esperábamos que surgiera el uso de representaciones visuales, dada la naturaleza del problema y sus formas de resolver las propiedades estructurales del carbono. En química orgánica el uso de representaciones es esencial para la discusión de sus temas y procesos. Por ejemplo, permiten predecir las características del compuesto en estudio. El grupo codificado como G1A hace referencia a la estructura relacionándolo con las propiedades del carbono, lo cual se puede evidenciar en el siguiente

extracto, "Podemos ver que esta cadena es aromática e insaturada. Tenemos átomos de carbono que se unen a otros compuestos químicos". Sin embargo, no consideramos esta entrada como el uso de la práctica epistémica, utilizando representaciones visuales, ya que no exploran estas representaciones en relación con el problema propuesto.

Discusión

Los estudiantes perciben los compuestos estudiados en Química presentes en la vida cotidiana (Binsfeld, Auth y Macêdo, 2013), pero solo como un ejemplo. Amaral, Xavier y Maciel (2009) sugieren que una de las razones de esto está relacionada con los libros didácticos. Aun citando a estos autores, se encuentran ejemplos en los libros didácticos, pero no presentan una discusión, o muy poco, sobre las implicaciones de los compuestos orgánicos para el medio ambiente y el contexto cultural y socioeconómico, por ejemplo.

Se esperaban prácticas epistémicas para construir datos y considerar diferentes fuentes de datos, ya que se preparó una secuencia didáctica con la intención de que los estudiantes usaran el libro paradidáctico como recurso para probar hipótesis. Esto se debe a que, como lo indica Rodrigues (2015), los libros paradidáctico pueden servir como mediadores para comprender conceptos de una manera más contextualizada, además de poder enunciar varios conceptos científicos, articular los contenidos con la realidad de los estudiantes. Además, ellos proporcionan elementos de una manera más contextualizada para resolver problemas. En este sentido, estas prácticas pueden propiciar otra práctica oportuna, el citar, ya que el grupo de alumnos trajo el discurso del docente para reforzar los datos recolectados.

Los estudiantes no usaron ninguna representación visual para ejemplificar y discutir las propiedades del carbono. Creemos que esto puede estar relacionado con lo que Giordan y Góis (2004) afirmaron: usar estas representaciones es una tarea que exige más que una simple respuesta a una pregunta, sino una abstracción por parte del estudiante. Por más que la secuencia de clases se construyó con la intención de promover la oportunidad de prácticas epistémicas - elaborar hipótesis, planificar investigaciones y explicar - y no aparecieron, creemos que esto se puede explicar también por el hecho de que los estudiantes no utilizaron representaciones visuales. También entendemos el uso de representaciones visuales como una práctica epistémica, ya que las representaciones utilizadas en Química pueden apoyar hipótesis y producir explicaciones. Perini (2005) sostiene que las representaciones visuales son componentes necesarios para la defensa de las ideas en la ciencia.

La secuencia didáctica se planeó de tal manera que los estudiantes usaron las representaciones visuales como una práctica epistémica, porque, según Perini (2005), la relación de representación visual en el espacio contribuye al significado de las figuras, favoreciendo la referencia de estas a lo que es quiere dar sentido. En Química Orgánica, esta relación es fundamental para la producción de conocimiento, porque a través de ellos podemos determinar las propiedades físicas y químicas, prediciendo la solubilidad y los sitios reactivos. Esta práctica no fue desarrollada por los estudiantes, lo que puede explicarse

por varias razones. Sin embargo, creemos que esto sucede, debido a la concepción que tenemos sobre el papel de estas representaciones, que a menudo se perciben "[...] como productos terminados de un cuerpo de conocimiento" (Solino et al., 2015, pp.1).

El libro paradidáctico, a partir de la contextualización de temas y procesos de la Química Orgánica y el abordaje del docente, promovió prácticas epistémicas, como la construcción de datos, la consideración de diferentes fuentes de datos y la citación. Esto porque la contextualización, la interacción de los estudiantes y el abordaje del docente articulado con el libro paradidáctico, contribuyeron a movimientos en el proceso de investigación, que favorecieron acciones que llevaron a los estudiantes a proponer, comunicar, evaluar y legitimar la comprensión construida en la clase (Sasseron y Duschl, 2016).

Conclusiones

Es posible ver que el uso del libro paradidáctico asociado puede favorecer las acciones de los estudiantes que abordan el trabajo científico en el proceso de construcción de conocimiento, lo que podemos llamar prácticas epistémicas. Además, la articulación entre diferentes tipos de prácticas epistémicas es parte de una nueva forma de mirar, dar sentido a los fenómenos y validar el conocimiento producido desde el punto de vista de la ciencia escolar (Silva, 2015).

El enfoque de la cultura escolar al de la ciencia sigue siendo un desafío en las aulas de ciencias, ya que los enfoques utilizados, en la mayoría de los casos, se guían por la transmisión de conceptos en lugar de problematizar los fenómenos. Hay muchos recursos que pueden usarse para este enfoque. En este trabajo se propuso utilizar un libro paradidáctico para promover el desarrollo de prácticas epistémicas, y el análisis se realizó a partir de los registros escritos producidos por los estudiantes.

La oportunidad de ejecutar prácticas epistémicas, construyendo datos, considerando diferentes fuentes de datos y citando, nos brinda indicios del potencial de los libros paradidácticos como recurso, que puede ser utilizado para probar hipótesis en secuencias de clases con un enfoque investigativo. Creemos que el proceso de investigación y la aparición de las prácticas epistémicas presentadas pueden ayudar en la evolución de las ideas de los estudiantes sobre los conceptos y prácticas de la ciencia. No pretendemos enumerar posibles prácticas epistémicas desarrolladas por los estudiantes, ni sugerir cuáles deben concebirse durante el planeamiento. Reconocemos que su desarrollo por parte de los alumnos dependerá de muchos factores, principalmente, la conducta del profesor. Con este análisis de los resultados obtenidos, pretendemos inferir que el uso del libro paradidáctico puede ser más que transmitir información, sino que puede usarse como un recurso que puede promover el desarrollo de prácticas epistémicas.

El hecho de que no hayamos identificado el uso de representaciones visuales puede estar relacionado con la percepción que tienen los estudiantes sobre la

función de estas representaciones para la construcción del conocimiento. En un estudio con estudiantes que estaban terminando el bachillerato, se señaló que percibían las representaciones visuales para formalizar los contenidos estudiados en Química, en lugar de reconocerlos como necesarios para sustentar hipótesis, producir justificaciones, fundamentar los argumentos, elaborar las explicaciones y expresar conclusiones (Silva, Silva, Duarte y Souza, 2021).

La construcción de una secuencia de clases a través del desarrollo de prácticas epistémicas no significa que se desarrollen. Esto ocurrirá a través del desempeño del profesor actuando e interactuando para proponer, comunicar, evaluar y legitimar el conocimiento (Kelly y Licon, 2018). Esto no significa que no tengamos en cuenta la importancia de planear una secuencia didáctica para el desarrollo de prácticas epistémicas, sino en el sentido de reforzar la importancia del desempeño del profesor. En este sentido, las prácticas epistémicas tampoco se piensan metodológicamente, ya que se desarrollarán en función de las acciones e interacciones de estudiantes y profesores, que ocurren momento a momento y dependen en gran medida de cada contexto.

Referencias

Amaral, C. L. C., Xavier, E. S. y Maciel, M. D. (2009). Abordagem das relações ciência/tecnologia/sociedade nos conteúdos de funções orgânicas em livros didáticos de química do ensino médio. *Investigações em Ensino de Ciências*, 14 (1), 101-114. Recuperado de <https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/download/412/243>

Araújo, A.O. (2008) O uso do tempo e das práticas epistêmicas em aulas práticas de química. Dissertação de Mestrado em Educação. Faculdade de Educação – UFMG, Belo Horizonte, MG, Brasil. Recuperado de https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/FAEC-85BKEK/1/disserta_o_ang_lica_oliveira_de_ara_jo.pdf

Araújo, A. O. y Mortimer, E. F. (2009). As práticas epistêmicas e suas relações com os tipos de texto que circulam em aulas práticas de química. En: VII ENPEC - *Encontro Nacional de Pesquisa em Educação de Ciências*, Florianópolis/SC. Recuperado de <http://fep.if.usp.br/~profis/arquivos/viipec/VII%20ENPEC%20-%202009/www.foco.fae.ufmg.br/cd/pdfs/1009.pdf>

Assis, A. y Carvalho, F. L. C. (2008). Paradidactical texts and the attitude of the teacher. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 8 (3), 1-17. Recuperado de <https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4014>

Bhattacharyya, G. (2008). Who am I? What am I doing here? Professional identity and the epistemic development of organic chemists. *Chemistry Education Research and Practice*, 9, 84–92. Recuperado de <https://doi.org/10.1039/B806222F>

Binsfeld, S. C., Auth, M. A. y Macêdo, A. P. (2013). A Química Orgânica no Ensino Médio: evidências e orientações. In: *IX Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*, Águas de Lindóia SP. IX ENPEC, 2013, 1-8. Recuperado de http://abrapecnet.org.br/atas_enpec/ixenpec/atas/resumos/R1464-1.pdf

Calvacanti, J. A., Freitas, J. C. R., Melo, A. C. N. y Filho, J. R. F. (2010) Agrotóxicos: Uma Temática para o Ensino de Química. *Química Nova na Escola*, 32 (1), 31-36. Recuperado de http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc32_1/07-RSA-0309.pdf

Campello, B. S. y Silva, E. V. (2018). Subsídios para esclarecimento do conceito de livro paradidático. *Biblioteca Escolar em Revista*, 6 (1), 64-80. Recuperado de <https://doi.org/10.11606/issn.2238-5894.berev.2018.143430>

Carvalho, A. M. P. (2013). O Ensino de Ciências e Proposição de Sequências de Ensino Investigativas. Anna Maria Pessoa de Carvalho, (org.). En Cengage Learning (Ed.) *Ensino de Ciências por Investigação: condições para implementação em sala de aula*. (1-20), São Paulo. Recuperado de https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/2670273/mod_resource/content/1/Texto%206%20Carvalho%202012%20O%20ensino%20de%20ci%C3%A7%C3%A2ncias%20e%20a%20proposi%C3%A7%C3%A3o%20de%20sequ%C3%A2ncias%20de%20ensino%20investigativas.pdf

Cascarosa, E., Mazas, B., Peña, B. M. y Quílez, M. J. G. (2020). What do students think they should know about vertebrate fish?. *Journal of Biological Education*, 54 (5), 530-539. Recuperado de <https://doi.org/10.1080/00219266.2019.1620313>

Cascarosa, E., Pozuelo, J. y Calvo E. (2022). ¿Plásticos sí o plásticos no? Trabajando prácticas científicas con estudiantes de bachillerato. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 19 (1), Recuperado de https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2022.v19.i1.1502

Deng, Y., Kelly, G. J. y XIAO, L. (2019). The development of Chinese undergraduate students' competence of scientific writing in the context of advanced organic chemistry experiment course. *Chemistry Education Research and Practice*, 20, 270-287. Recuperado de <https://doi.org/10.1039/C8RP00171E>

Deng, Y., Kelly, G. J. y DENG, S. (2019). The influences of integrating reading, peer evaluation, and discussion on undergraduate students' scientific writing. *International Journal of Science Education*, 41 (10), 1408-1433. Recuperado de <https://doi.org/10.1080/09500693.2019.1610811>

Duschl, R. (2008). Science education in three-part harmony: Balancing conceptual, epistemic, and social learning goals. *Review of Research in Education*, 32 (1), 268-291. Recuperado de <https://doi.org/10.3102/0091732X07309371>

Giordan, M. y Góis, J. (2004). Telemática Educacional e Ensino de Química: Considerações em Torno do Desenvolvimento de um Construtor de Objetos

Moleculares. *Revista Latino-Americana de Tecnologia Educativa*, 3 (2), 41-59. Recuperado de <https://doi.org/10.26512/lc.v11i21.3255>

Graulich, N. y Schween, M. (2018). Concept-Oriented Task Design: Making Purposeful Case Comparisons in Organic Chemistry. *Journal of Chemical Education*, 95, 376-383. Recuperado de <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.7b00672>

Júnior, A. I. D. y Silva, J. R. R. T. (2016). Isômeros, Funções Orgânicas e Radicais Livres: Análise da Aprendizagem de Alunos do Ensino Médio Segundo a Abordagem CTS. *Química Nova na Escola*, 38 (1), 60-69. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.5935/0104-8899.20160010>

Kelly, G. (2005). Inquiry, activity and epistemic practice. *In: Inquiry Conference on Developing a Consensus Research Agenda*, 16-18 de fevereiro de 2005, New Brunswick, New Jersey, EUA.

Kelly, G. y Licon, P. (2018). Epistemic Practices and Science Education. In M. R. Matthews (Org.). *History, Philosophy and Science Teaching: New Perspectives*. 139-165. Cham: Springer International Publishing. Recuperado de https://doi.org/10.1007/978-3-319-62616-1_5.

Kurz, D. L., Piva, L. y Bedin, E. (2019). Conceptions and Perceptions Pre-service Teachers on the Use of Paradidactic Books in Chemistry Teaching. *Acta Scientiae*, 21 (5), 62-80. Recuperado de <https://doi.org/10.17648/acta.scientiae.5233>

Loyola, C. O. B. y Silva, F. C. (2017). Plantas Medicinais: uma oficina temática para o ensino de grupos funcionais. *Química Nova na Escola*, 39 (1) 59-67. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.21557/0104-8899.20160061>

Moraes, R. (2003). Uma tempestade de luz: a compreensão possibilitada pela análise textual discursiva. *Ciência & Educação*, 9 (2), 191-210. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-73132003000200004>.

Moraes, R. y Galiuzzi, M. C. (2006) Análise textual discursiva: processo reconstrutivo de múltiplas faces. *Ciência & Educação*, 12 (1), 117-128. Recuperado de <https://doi.org/10.1590/S1516-73132006000100009>

Pabuccu, A., y Erduran, S. (2017). Beyond rote learning in organic chemistry: The infusion and impact of argumentation in tertiary education. *International Journal of Science Education*, 39 (9), 1154-1172. Recuperado de <https://doi.org/10.1080/09500693.2017.1319988>

Perini, L. (2005). The truth in pictures. *Philosophy of Science*, 72 (1). 262-285. Recuperado de <https://doi.org/10.1086/426852>

Rodrigues, M. A. (2015). A leitura e a escrita de textos paradidáticos na formação do futuro professor de física. *Ciência & Educação*, 21 (3) 765-781. Recuperado de <https://doi.org/10.1590/1516-731320150030015>

Sasseron, L. H. y Duschl, R. A. (2016). Ensino de ciências e as Práticas epistêmicas: o papel do professor e o engajamento dos estudantes.

Investigações em Ensino de Ciências, 21 (2), 52-67. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.22600/1518-8795.ienci2016v21n2p52>

Silva, A. C. T. (2008). *Estratégias Enunciativas em Salas de Aulas de Química: Contrastando professores de estilos diferentes*. (Tese Doutorado em Educação) Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais. Recuperado de <http://hdl.handle.net/1843/FAEC-84KND6>

Silva, A. C. T. (2015). Interações discursivas e práticas epistêmicas em salas de aula de ciências. *Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências*, 17 (especial), 69-96. Recuperado de <https://doi.org/10.1590/1983-2117201517s05>

Silva, F. C., Silva, E. P. C., Duarte, D. M., y Dias, F. D. S. (2021). Relação entre as dificuldades e a percepção que os estudantes do ensino médio possuem sobre a função das representações visuais no ensino de Química. *Ciência & Educação (Bauru)*, 27, n. u. Recuperado de <https://doi.org/10.1590/1516-731320210061>

Silva, M. B. (2015). A construção de inscrições e seu uso no processo argumentativo em uma atividade investigativa de biologia. (Tese Doutorado em Ensino de Ciências e Matemática) – Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, São Paulo. Recuperado de <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/48/48134/tde-20052015-100507/publico/MAIRA BATISTONI E SILVA rev.pdf>

Solino, A. P., Ferraz, A. T. y Sasseron, L. H. (2015). Cultura Científica Escolar: o que significa fazer ciência na escola? In: XV EPEF - Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Física, 2014, Maresias, São Sebastião - SP. XV Encontro de Pesquisa em Ensino de Física - "Diálogo entre as múltiplas perspectivas na pesquisa em ensino de Física", 2014.

Stroupe, D. (2014). Examining classroom science practice communities: How teachers and students negotiate epistemic agency and learn science-as-practice. *Science Education*, 98 (3), 487-516. Recuperado de <https://doi.org/10.1002/sce.21112>

Talanquer, V. (2011). Macro, Submicro, and Symbolic: The many faces of the chemistry "triplet". *International Journal of Science Education*, 33 (2), 179-195. Recuperado de <https://doi.org/10.1080/09500690903386435>

Talanquer, V. (2018). Chemical rationales: another triplet for chemical thinking. *International Journal of Science Education*, 40 (15), 1874-1890. Recuperado de <https://doi.org/10.1080/09500693.2018.1513671>

Teixeira, P. M. M. y Megis-Neto, J. (2017). Uma proposta de tipologia para pesquisas de natureza interventiva. *Ciência & Educação*, 23 (4), 1055-1076. Recuperado de <https://doi.org/10.1590/1516-731320170040013>

Zanon, D. A. V.; Guerreiro, M. A. S. y Oliveira, R. C. (2008). Jogo didático Ludo Químico para o ensino de nomenclatura dos compostos orgânicos: projeto, produção, aplicação e avaliação. *Ciência e Cognição*, 13 (1), 72-81.

Recuperado de http://www.cienciasecognicao.org/pdf/v13/cec_v13-1_m318239.pdf