

La argumentación en el contexto del cambio químico: una secuencia de enseñanza y aprendizaje abordando problemas sociocientíficos

Katherine Tapia Oliva

Colegio Seminario Pontificio Menor, Las Condes.

katapiaoliva@gmail.com

Resumen

El presente estudio muestra el proceso de diseño e implementación de una secuencia didáctica para la enseñanza y el aprendizaje de la noción de cambio químico. Las ocho actividades de aprendizaje que se proponen tienen como objetivo principal distinguir las habilidades argumentativas que representan mayores dificultades en los estudiantes de primer año medio de un colegio de la ciudad de Santiago en la producción de argumentos de problemas sociocientíficos de contexto cotidiano sobre la noción de cambio químico estableciendo el nivel argumentativo que alcanzan. La propuesta adopta el modelo de aprendizaje constructivista que considera las concepciones alternativas, la progresión hipotética de los aprendizajes y el análisis de contenido de producciones colectivas de argumentos que se articulan con los contenidos curriculares de las reacciones químicas y con los objetivos de desarrollo sustentable (ODS) seleccionados para complementar los argumentos. La metodología del diseño didáctico se sustenta en la investigación basada en diseño (IBD) como un tipo de investigación que se fundamenta en el contexto del aula a través de ciclos iterativos de diseño, implementación y evaluación de una secuencia didáctica de enseñanza y aprendizaje (SEA) y esta investigación se enmarca en un enfoque cualitativo de análisis de contenido. La recolección de datos documentales permite realizar un análisis de la producción colectiva de argumentos y el procesamiento de los datos se realiza mediante la caracterización de las habilidades argumentativas tomando de referencia el modelo argumentativo de Toulmin (MAT). Los resultados obtenidos demuestran que al levantar las concepciones alternativas de los estudiantes, un alto porcentaje de estudiantes considera que un cambio químico es una mezcla de sustancias a las que les atribuyen un cambio de color y de olor, datos que permiten identificarlos bajo un perfil sustancializador acerca de la noción de cambio químico. Con la implementación de las ocho actividades, los estudiantes presentan una leve incorporación de habilidades argumentativas como identificar datos, diferenciar datos de pruebas y proponer algunas justificaciones, razón por la cual hay un bajo progreso en el nivel de argumentación alcanzando en su mayoría el nivel 2 de argumentación según el modelo adaptado de Tamayo.

Palabras clave: habilidades de argumentación, cambio químico, problemas sociocientíficos, secuencia de enseñanza y aprendizaje, contexto.

Introducción

La argumentación y los problemas sociocientíficos sobre el cambio químico

En Chile, el actual currículum de Ciencias Naturales de primer año medio pone acento en la comprensión de la ciencia como un instrumento que permite a los estudiantes proponer y

encontrar soluciones a problemas cotidianos (MINEDUC, 2016, p.41). De esta manera, el currículum intenciona en los estudiantes el razonamiento crítico y la reflexión acerca de los cambios que se producen en la materia y que conciernen problemas reales, cercanos, abiertos, complejos y controvertidos para promover la alfabetización científica de ciudadanos integrales (España y Prieto, 2009). Para autores como Sadler (2011) los problemas sociocientíficos permiten crear un ambiente de participación colaborativo y respetuoso, con altas expectativas de participación por parte de los estudiantes. Sin embargo, el currículum nacional no siempre tuvo esas características, pues en la medida en que se fueron expandiendo los descubrimientos científicos en el mundo, la ciencia sumó numerosas explicaciones y modelos sustentados en datos obtenidos por los investigadores (Galavgosky, 2017), los que se incorporaron en los distintos currículum de ciencia obteniendo un currículum robusto y extenso en contenido pero carente de problemas ricos en contexto que excluían la argumentación ante situaciones controversiales y el aporte de los científicos a la historia de la ciencia.

En ese sentido, la enseñanza de la química ha transitado por escenarios desfavorables ya que al ser percibida como un cúmulo de información (Morales y Salgado, 2017) y en muchas ocasiones presentada de manera desarticulada y carente de contexto, provoca gran desinterés y desmotivación por parte del estudiantado. Por otra parte, en la clase de Química no se suelen trabajar en profundidad las habilidades argumentativas que pueden desarrollar los estudiantes cuando se entregan artículos científicos relacionados con problemas sociocientíficos. Entonces, como profesores somos conscientes de que la actividad de argumentar requiere una respuesta razonada y este tipo de habilidades resulta más difícil trabajar con los estudiantes porque tienen una mayor complejidad cognitiva y se ven afectados los recursos discursivos para afrontar un problema controversial adoptando un posicionamiento crítico a partir de la búsqueda y selección de información.

De acuerdo a lo que sostiene Larraín (2009), la alfabetización científica involucra de manera nuclear las habilidades argumentativas que se declaran en los contenidos curriculares puesto que la argumentación promueve el desarrollo de la cognición y la evolución del lenguaje retórico (Sardà y Sanmartí, 2009). El lenguaje y la comunicación en el aula son relevantes para construir el conocimiento científico, ya que a través de las prácticas argumentativas los estudiantes pueden fundamentar sus ideas y afirmaciones con respecto a un fenómeno científico. Además, posibilitan la interacción social (Driver y sus colaboradores, 2000) y la negociación de significados que corresponden a un diálogo que ayuda a sostener una afirmación, una conclusión o un punto de vista (Toulmin, Rieke y Janik, 1979).

De acuerdo con las ideas que se plantean, la secuencia de enseñanza y aprendizaje que se presenta en esta investigación está basada en un contexto cotidiano, mediante el cual el estudiante se apoya en su propia experiencia y en su conocimiento para elaborar argumentos que se sustentan en evidencias con respecto a los cambios químicos que ocurren en el procesamiento químico de la industria textil, el uso de colorantes naturales y sintéticos, y el impacto ambiental que provocan las materias primas utilizadas en el proceso textil en concordancia con los ODS que están involucrados en este tipo de controversia sociocientífica.

Según señala Solbes (2010), el papel que tiene la lengua en el aprendizaje de la ciencia es crucial para que el estudiante logre aprender tanto los conceptos como los procedimientos. Además, el estudiante no solo debe saber de leyes y teorías científicas sino que también debe ser capaz de realizar actividades que promuevan ciertas habilidades científicas como analizar, formular preguntas, explicar, concluir y argumentar. En consecuencia, Lemke (1997) afirma que “*hablar ciencia ... significa hacer ciencia a través del lenguaje*”. En el aula, el lenguaje científico está altamente influenciado por parte del profesorado. El tipo de discurso que se da en el aula puede estar relacionado con la manera en que los profesores entienden la ciencia y la transmiten a los estudiantes.

Para Solbes y sus colaboradores (2010) es esencial el hecho que para aprender ciencia se produzca una comunicación genuina entre estudiantes porque esto favorecerá la discusión de problemas e intercambio de ideas u opiniones en una clase activa y cooperativa, y el rol docente debe ser el de coordinador o moderador más que el de transmisor de conocimientos. A lo largo del proceso de enseñanza y aprendizaje el lenguaje de los estudiantes evoluciona desde una fase inicial para aproximarse al lenguaje científico durante el proceso formativo, pues eso es lo que se pretende con la implementación de las actividades de aprendizaje de esta SEA.

En el ejercicio de hablar y escribir ciencia, “la argumentación científica se entiende como el proceso de evaluación de enunciados de conocimiento, por ejemplo: hipótesis, conclusiones o teorías, en base a las pruebas científicas en un momento dado” (Jiménez Aleixandre, 2010, como se citó en Solbes (2010)). Para este autor la argumentación tiene gran importancia porque es el procedimiento que usan los científicos para avanzar, revisar y actualizar el conocimiento científico y es fundamental para poder validar leyes, teorías o modelos.

El aporte de la argumentación en la clase de ciencia facilita el aprendizaje significativo en los estudiantes aproximándolos al estudio de la ciencia de un modo más realista y contextualizado. En este sentido, hay que promover la argumentación desde los niveles iniciales con mayor rigurosidad para alcanzar en niveles de escolaridad superiores la alfabetización científica crítica comprendiendo que los debates argumentativos acerca de problemas sociocientíficos corresponden a un tipo de actividad que se da con cierta frecuencia en ciencias naturales, en donde se confrontan distintas opiniones sobre problemas cotidianos que involucran a factores sociales y científicos.

En este trabajo se aborda la noción de cambio químico relacionada con los problemas sociocientíficos sobre: a) el aporte de los avances científicos y tecnológicos hacia una contribución favorable en la industria manufacturera del jeans y el rol que tienen los estudiantes como ciudadanos informados y consumidores de una industria textil que promueve la mitigación del impacto ambiental en el proceso químico de la elaboración de la tela de jeans y su consumo mundial y b) la industria textil y el impacto ambiental y social que genera en el mundo. De este modo, la secuencia de enseñanza y aprendizaje incentiva a los estudiantes a involucrarse con el concepto de cambio químico y los dilemas y problemas sociocientíficos inherentes a él para vincularlos con los ODS 6, 9 y 12 en una actividad de aprendizaje sobre argumentación escrita.

MARCO TEÓRICO

El marco teórico del presente trabajo se enfoca en desarrollar los aspectos de la enseñanza y aprendizaje de la noción de cambio químico y la argumentación científica escolar relacionada con problemas sociocientíficos acerca de las reacciones químicas.

Las progresiones de aprendizaje sobre cambio químico en el currículum nacional

En el currículum nacional de nuestro país, la noción de cambio químico está presente desde el ciclo inicial (MINEDUC, 2018) hasta el ciclo superior de escolaridad (MINEDUC, 2016). A continuación, se realiza un análisis de las progresiones de aprendizaje de la noción científica de cambio químico desde una perspectiva fenomenológica y su incidencia en el medio.

En el primer ciclo de enseñanza, específicamente en primer año básico, los objetivos de aprendizaje del Eje Ciencias Físicas y Químicas alcanzan una primera aproximación a la noción de cambio químico, ya que se relacionan con la exploración y la descripción de distintos tipos de materiales en objetos atribuyéndoles una clasificación según sus propiedades y la identificación de sus usos en la vida cotidiana. Se observan y se describen los cambios que se producen en los materiales cuando son sometidos a fuerza, luz, calor y agua. Además, para promover el aprendizaje basado en proyectos y fomentar la colaboración entre los niños, se diseñan instrumentos tecnológicos usando distintos materiales y sus propiedades para resolver problemas cotidianos.

En el segundo ciclo de enseñanza, en quinto año básico, los objetivos de aprendizaje que se estudian en el Eje Ciencias de la Vida corresponden al sistema digestivo, al sistema respiratorio y al sistema circulatorio, en donde los cambios químicos están presentes en todos los mecanismos de manera implícita, sin embargo, el currículum declara los aprendizajes de Ciencias de la Vida y Ciencias Físicas y Químicas de manera disociada siendo una instancia propicia para comenzar a articular la noción de cambio químico con los procesos biológicos del cuerpo humano.

En sexto año básico en el Eje Ciencias de la Vida se estudia el proceso de fotosíntesis como un mecanismo que involucra a los seres vivos en el cual ocurre transferencia de materia y energía, pero no se explicita que este tipo de procesos corresponden a cambios químicos de la materia donde ocurre intercambio de materiales.

En séptimo año básico se comienza el ciclo mayor de enseñanza cuyos contenidos son nucleares para la evaluación de la Prueba de Acceso a la Educación Superior (PAES). En el Eje de Química, uno de los objetivos de aprendizaje que se estudia promueve la investigación experimental de los cambios de la materia y la argumentación con evidencia empírica de su clasificación en cambios físicos o cambios químicos.

En octavo año básico el objetivo de aprendizaje que se estudia es la evolución del conocimiento de la constitución de la materia y para ello se realiza la revisión de distintos modelos atómicos entre ellos Dalton, Thomson, Rutherford, Bohr hasta el modelo mecano-

cuántico. Además, los estudiantes comprenden que los átomos interactúan generando diversas partículas y sustancias.

En primer año medio, que corresponde al nivel en que se realiza la presente progresión de aprendizajes y la secuencia didáctica sobre el cambio químico, se espera que los estudiantes investiguen experimentalmente y expliquen usando evidencias, los procesos de fermentación, combustión y oxidación de metales entre otras reacciones químicas presentes en la vida diaria considerando una serie de factores y características que permiten su clasificación. Sumado a esto, se espera que los estudiantes comprendan que la materia está compuesta de partículas muy pequeñas que no se pueden observar a simple vista y que interactúan según sus características para formar nuevas sustancias en cuyas transformaciones fisicoquímicas, las partículas están en constante movimiento y los cambios que se dan generan sustancias distintas a las iniciales.

Como se aprecia en el análisis, la noción de cambio químico demuestra ser un concepto base y estructurante de la Química y de las Ciencias Naturales desde los niveles iniciales de aprendizaje. En el área de la Química es un concepto base porque corresponde al estudio de las transformaciones de la materia y la energía, y es un concepto estructurante porque tiene la capacidad de transformar el sistema cognitivo del estudiante, permitiendo construir nuevos conocimientos, cambiar el significado, organizar datos de una manera diferente y transformar los conocimientos anteriores (Gagliardi, 1986, citado en García, 2017).

Obstáculos epistemológicos y concepciones alternativas sobre el cambio químico

La noción científica de cambio químico presenta ciertos obstáculos y concepciones alternativas que tienen los estudiantes sobre algunos procesos fundamentales que orientan la comprensión del cambio químico. Según lo que plantea Méndez Coca (2013), los estudiantes se han formado una serie de ideas previas sobre el concepto de cambio químico de acuerdo con los fenómenos que experimentan en su vida cotidiana, por ejemplo, la oxidación de ciertos metales o el funcionamiento de motores en donde estos hechos surgen de una visión que se conecta con los sentidos, pues el mundo microscópico se comporta igual que el mundo macroscópico, pero de manera diminuta.

La influencia de la cultura científica en la sociedad es una causa de las concepciones alternativas que tienen los estudiantes y que dificulta la enseñanza debido a que muchos conceptos científicos no son bien comprendidos (Jiménez - Aleixandre, 2003). En la actualidad esto lo podemos relacionar con la pseudo divulgación científica que aparece en redes sociales mediante historias o actividades experimentales que resultan entretenidas para los estudiantes, pero que carecen de conocimiento científico. Muchas veces ha pasado que a los estudiantes les despierta gran curiosidad e interés en que en el laboratorio se realicen experimentos entretenidos como la “pasta de dientes de elefante”, sin embargo, hay un cierto desconocimiento acerca de qué es lo que realmente provoca ese fenómeno ya que hay un fundamento científico que explica las características de ese “cambio químico”.

En la enseñanza de la noción de cambio químico en los tópicos de teoría atómica de la materia, formación de nuevas sustancias y diferencias entre el cambio químico y el cambio

físico que experimenta una sustancia, estudios demuestran algunos obstáculos y concepciones alternativas. Las dificultades que los alumnos se van a encontrar al momento de comprender el cambio químico ((Coştu, Ayas y Niaz, 2010; López González y Vivas Calderón, 2009; Horton, 2007; Azcona et al., 2004; Kind, 2004; Garritz et al., 2002; Pozo y Gómez Crespo, 1998; Fernández et al., 1998; Oñorbe y Sánchez, 1992) como se citaron en Méndez Coca (2013)) son las siguientes:

- a) Saber diferenciar cuándo una sustancia sufre un cambio físico y cuándo sufre un cambio químico.
- b) Identificar el proceso químico como un cambio sustancial.
- c) Conocer que en una reacción química existe una redistribución de los átomos.
- d) Interpretar el significado de una ecuación química ajustada.
- e) Diferenciar masa molar y cantidad de sustancia.
- f) Comprender la conservación de la masa en una reacción química.
- g) Considerar la disolución de un sólido en un líquido un fenómeno químico.
- h) Asociar la formación de mezclas con los cambios químicos.
- i) No hacer uso de los criterios expuestos acerca de la diferenciación de los fenómenos físicos y químicos.
- j) Una disolución y un cambio de estado son reacciones químicas.

Considerando las principales dificultades y obstáculos que presentan los estudiantes al momento de estudiar y comprender el cambio químico como un concepto basal de la Química, es primordial que los docentes le demos la relevancia necesaria a la enseñanza de la teoría atómica de la materia porque es un aprendizaje clave, muchas veces complejo y que es gatillante para la comprensión de todos los fenómenos que se desarrollan, se observan y se evidencian en el estudio del cambio químico y por demás, uno de los tópicos más complejos y abstractos que tiene la enseñanza de la estructura atómica.

El cambio químico presente en la disciplina de la Química

Haciendo una revisión bibliográfica del concepto de cambio químico, diversos autores y libros de texto escolar proponen definiciones acerca de la Química y su relación con el cambio químico, pues es frecuente asociar términos como “materia”, “transformaciones”, “energía”, “sustancias químicas” y “reacciones químicas”. En este estudio se revisarán las ideas de Talanquer (2020), Raviolo, Garritz y Sosa (2011) y Schummer (1998, 2004) considerando que los conceptos de sustancias y reacciones químicas son uno de los términos más importantes.

Los cambios químicos, además de explicar situaciones del mundo que nos rodea, permiten crear nuevas sustancias y diseñar procesos a través de los cuales materiales conocidos se transforman en productos de gran utilidad (Talanquer, 2013). Para Garritz (2007), la química estudia la relación de las propiedades, la estructura y las reacciones de las sustancias.

Implícitamente en este concepto sencillo el autor da a entender que el concepto de cambio químico es medular en el estudio de la química. Con respecto a la idea que se plantea, Schummer (2004) complementa que la estructura conceptual de la química está conformada

por la combinación de sustancias y procesos químicos en el que sustancias y reacciones químicas se interrelacionan de manera teórica y experimental. Lo complejo es enseñar a los estudiantes esta definición circular, en donde se opta por el uso de las definiciones macroscópicas (propiedades físicas y químicas de la materia) y submicroscópicas (partículas representativas y estructura de las sustancias) de ambos conceptos.

Muchos investigadores han realizado un trabajo exhaustivo con respecto a la elaboración de modelos históricos para comprender la evolución y la construcción histórica del concepto de cambio químico. Con el surgimiento del estudio de la química-física (Siglo XX), Izquierdo y Adúriz-Bravo (2009) señalan que se comienzan a estudiar las sustancias químicas gracias a nuevos instrumentos de la física y con ello surgen evidencias sobre la existencia real del átomo, lo que implica la construcción de diversos modelos de la estructura interna del átomo que servirán para explicar los cambios químicos a partir de los términos de ruptura y formación de enlaces químicos mediante las interacciones que se generan a partir de los electrones de valencia. Gracias a este modelo, hoy es posible orientar la enseñanza de la Química y organizar los contenidos en los libros de texto de Química. En este sentido, los autores sostienen que la enseñanza de la Química se centra en el átomo físico y el estudio del cambio químico se deduce a partir de la teoría atómica de la materia.

El cambio químico en libros de texto escolar de Química

Como se ha mencionado anteriormente, el estudio del cambio químico es uno de los principales propósitos que se abordan en la enseñanza de la Química a nivel secundario (Solsona e Izquierdo, 1999) y que implícitamente aparecen en el currículum nacional desde el ciclo inicial de la enseñanza de las Ciencias Naturales. Los profesores de Química habitualmente utilizan libros de texto para la orientación de sus clases, en consecuencia, su relación con revistas especializadas y con comunidades de investigadores en ciencias y en didáctica de las ciencias es prácticamente escasa, razón por la cual, muchas veces no hay una actualización de los saberes en la didáctica de la disciplina y se torna difícil llegar a tener claridad acerca de qué y cómo aprenden los estudiantes en Ciencias.

De acuerdo con lo que sostienen Zang y sus colaboradores (2019) “los libros de texto representan una herramienta pedagógica bastante útil para la transmisión de conocimientos, porque imponen una distribución y jerarquización de ideas a partir de una transformación y recreación del conocimiento (p. 2)”. Estos instrumentos interpretan y traducen lo que establece el Currículum Nacional a través de una guía didáctica. En concordancia con esto, los libros de texto de Química de primer año medio generalmente incluyen la definición y el desarrollo del concepto de cambio químico.

En la presente secuencia didáctica se realizó la revisión y posterior análisis de tres libros de texto de Química de diferentes editoriales, dos de ellos correspondientes a I° Medio y un texto de Química universitaria que a continuación se presentan en la tabla 1.

Tabla 1. Revisión de libros de texto.

ID	Autores	Año	Editorial	Páginas
L1	Zaida Godoy Contreras.	2021	Santillana del Pacífico S.A Ediciones – Licitación Mineduc	10-20, 30-37
L2	Carolina Tobar González, Cristina Lagos Sepúlveda, Eugenia Águila Garay, Haydeé Gómez Mora, Patricia Díaz Gómez.	2018	SM S.A Ediciones Proyecto Savia	100-123
L3	Theodore Brown, Eugene LeMay, Bruce Bursten, Catherine Murphy, Patrick Woodward.	2014	Pearson Educación de México S.A	12, 13, 76-78

En relación con el desarrollo del concepto de reacción química, el libro de texto que propone editorial Santillana dedica la unidad 1 al tópico de cambio químico mediante reacciones químicas cotidianas. Utiliza mayoritariamente recursos de imágenes asociadas al desarrollo experimental y usa el concepto de cambio químico mediante la aproximación de situaciones de la vida cotidiana que le permiten al estudiante a través de la observación, reconocer sustancias iniciales en el proceso de cambio químico que luego de modificar sus propiedades, la materia se transforma en productos. Además, este proceso de transformación se asocia a través de un modelo explicativo representado por una ecuación química.

Lo novedoso de este libro de texto es que acerca a los estudiantes hacia la comprensión de la naturaleza de la ciencia planteando situaciones de contexto cotidiano relacionadas con el quehacer de los científicos en nuestro país, pues la ciencia no es un estudio aislado y juega un papel primordial en las decisiones importantes de la sociedad ya que se plantea el cambio químico que ocurre en los seres vivos y se abordan problemas relacionados con la contaminación ambiental.

En la unidad 2 del mismo texto, se encuentran una mayor cantidad de conceptos y definiciones sobre el cambio químico y su relación con el enlace químico como tópico clave para comprender la ruptura de sustancias iniciales (reactantes) y formación de sustancias finales (productos), sin embargo, cuando se explica la teoría de las colisiones, el texto no elabora una explicación acerca de lo que ocurre con los enlaces químicos de los reactantes y de los productos. En esta unidad se desarrolla de manera clara el enunciado de la ley de Lavoisier y su comprobación a través de un apartado de desarrollo experimental. Esto ayuda significativamente en el trabajo de las concepciones alternativas que tienen los estudiantes porque pueden evidenciar que la masa de reactante no desaparece durante la reacción química, sino que se conserva dando lugar a la formación de productos.

En el libro de texto de Química de la editorial SM, se desarrolla el concepto de reacción química de manera más completa con respecto al texto de Química de Santillana ya que presenta una mayor cantidad de imágenes e ilustraciones que permiten comprender las definiciones y ejemplos de manera visual y luego aplicarlos a través de actividades de indagación y de desarrollo experimental. Se establece el concepto de cambio químico y las diferencias que existen con el cambio físico, señalando la dimensión microscópica de

aquellos que ocurren en una estructura sólida y otra líquida como es el caso del agua. Se relacionan los términos de cambio químico con el de reacciones químicas y se explican las condiciones para que ocurran éstas a través de una ilustración completa sobre la cinética química y los mecanismos de reacción.

La ventaja del texto de editorial SM es que utiliza información contextualizada que permite trabajar problemas sociocientíficos como, por ejemplo, el problema de la contaminación a causa de las plantas termoeléctricas en Quintero, el problema del smog fotoquímico y la contaminación atmosférica, entre otros. Además, se utilizan viñetas conceptuales como un recurso de apoyo para la comprensión de definiciones mediante situaciones de contexto cotidiano, hecho que favorece de manera positiva la incorporación de nuevos aprendizajes por parte de los estudiantes.

En el análisis del texto universitario de Química de la editorial Pearson se evidencia la presencia de las definiciones de cambio químico y cambio físico con sus respectivas representaciones y se establece que los cambios de estado representan cambios físicos de la materia. Se aprecia un gran desarrollo explicativo de las ecuaciones químicas y de los tipos de reacciones químicas. Las explicaciones de este texto son más bien del orden conceptual y hay pocas lecturas científicas que promuevan el análisis argumentativo de los estudiantes acerca de un problema sociocientífico de contexto cotidiano. Asimismo, el texto carece de ilustraciones que consideren aspectos de la naturaleza e historia de la ciencia. Los diferentes temas de la unidad son tratados de manera sucinta, sin embargo, hay mayor notoriedad en la resolución de problemas de ejercitación, en algunos casos con algunos modelamientos de ejercicios.

Para la función de la secuencia didáctica de la imagen, se proponen seis categorías según Perales y Jiménez (2002): (1) evocación: “hace referencia a un hecho cotidiano o concepto que se supone conocido por el alumno”; (2) definición: “se establece el significado de un término nuevo en su contexto teórico”; (3) aplicación: “es un ejemplo que extiende o consolida una definición”; (4) descripción: “se refiere a hechos no cotidianos que se suponen desconocidos por el lector y que permiten aportar un contexto necesario; (5) interpretación: “son pasajes explicativos en los que se utilizan los conceptos teóricos para describir las relaciones entre acontecimientos experimentales” y (6) problematización, “se plantean interrogantes no retóricas que no pueden resolverse con los conceptos ya definidos, cuya finalidad es incitar a los alumnos a poner a prueba sus ideas”.

Al realizar la comparación de los tres textos (figura 1) se aprecia un bajo porcentaje en la categoría de aplicación, lo que indica que en los textos no hay ejemplos que logren consolidar una definición para la noción estudiada. Sin embargo, la editorial SM tiene un alto porcentaje en la categoría definición ya que incorpora de manera rigurosa el significado de términos nuevos en la noción de cambio químico.

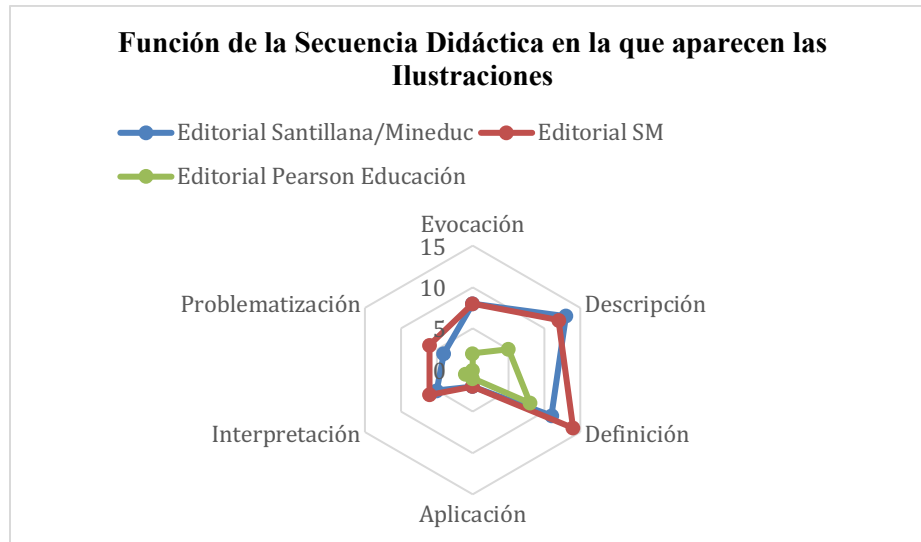


Figura 1. Clasificación de unidad de análisis (UA) de texto escrito en textos escolares adaptada desde la dimensión “Función de la secuencia didáctica en la que aparecen las ilustraciones” (Fuente: Perales y Jiménez, 2002).

La enseñanza de habilidades de argumentación en problemas sociocientíficos sobre el cambio químico

Los problemas sociocientíficos en la Didáctica de las Ciencias Experimentales en las últimas décadas se han transformado en un tema relevante, de acuerdo con lo que sostienen Díaz-Moreno y Jiménez-Liso (2014) porque se han construido sobre otros enfoques cuyo propósito es el de preparar con mayor solidez a los estudiantes para participar en discursos argumentativos y discusiones que se relacionan con temas socialmente relevantes concernientes a la ciencia.

De acuerdo con lo que sostienen España y Prieto (2009), los problemas sociocientíficos como contexto para la argumentación en el aula aluden a los argumentos que Driver, Newton y Osborne (2000) denominan “argumentos dialécticos”, es decir, aquellos que se enfocan hacia la complejidad de los problemas, la variedad de perspectivas, la ausencia de soluciones definidas, etc. En los problemas sociocientíficos, los argumentos ponen de manifiesto la forma en que los estudiantes usan su conocimiento para elaborar criterios y justificación de afirmaciones y conclusiones (Zohar y Nemet, 2002), pues para estos autores, resulta fundamental trabajar la aplicación del conocimiento científico en el contexto de la toma de decisiones sociocientíficas y sostienen que es necesario avanzar más allá de la enseñanza tradicional porque en ella no se brindan las oportunidades necesarias para utilizar el conocimiento científico en procesos de argumentación científica.

Larraín (2009) sostiene que un sujeto alfabetizado científicamente es capaz de pensar lo científico de cara a comprender el mundo natural y tomar decisiones con respecto a éste, es decir, movilizar el conocimiento, las actitudes y las habilidades para desempeñarse en distintas actividades frente a un problema sociocientífico. Uno de los caminos para mejorar la alfabetización científica en nuestro país es el desarrollo de la argumentación en la escuela

porque es un tipo discursivo que los jóvenes utilizan en la vida cotidiana diariamente, razón por la cual resultaría interesante acercar el discurso científico a los jóvenes independiente de su contexto socioeconómico. A través del presente trabajo de SEA, se estima que los estudiantes van a incorporar en su discurso la argumentación de situaciones en que se plantean problemas sociocientíficos relacionados con el procesamiento de materias primas en la industria como un claro ejemplo donde se evidencian cambios químicos ya que las habilidades individuales de argumentación se desarrollan realizando el ejercicio de argumentar con otros, pues la evidencia empírica muestra de manera consistente que los estudiantes mejoran sus habilidades individuales de argumentación (Larraín, 2015).

Las habilidades argumentativas aparecen de manera temprana en la vida de un estudiante, pues de manera progresiva producen argumentos más sofisticados ya que al principio sólo son capaces de elaborar puntos de vista para luego apoyarlos con un sí o un no y posteriormente estos apoyos se van complejizando porque se van favoreciendo los procesos cognitivos y metacognitivos según Jiménez – Aleixandre (2010), de este modo se facilita la alfabetización científica motivada por el razonamiento y el pensamiento crítico acerca de problemas cotidianos, pues la construcción de argumentos promueve un tipo de aprendizaje de los contenidos curriculares basado en el enfoque socio-constructivista, en donde más que alcanzar un aprendizaje memorístico, lo que hace el estudiante es procesar los contenidos e incorporarlos a su sistema conceptual (Larraín, 2009). En consecuencia, más que almacenar contenidos con la argumentación hay lugar para el desarrollo cognitivo y conceptual que no se olvida, razón por la que se continúa construyendo conocimiento sobre esta nueva base.

La argumentación como una actividad dialógica considera que la retórica es parte del género discursivo de la ciencia y, por tanto, es parte del género discursivo de la enseñanza de la ciencia. El discurso del profesor es dialógico, en tanto toma en cuenta la opinión de los estudiantes y también se produce un diálogo personal cuando se contrastan las ideas previas con las nuevas (Mortimer y Scott, 2003 citado por González, 2013, p. 1608). El hecho de promover la argumentación científica en el aula (Arias, 2021), permite desarrollar una serie de habilidades de acuerdo con lo que señala Justi (2015).

En la tabla 2 se describen cuatro habilidades argumentativas de acuerdo a la propuesta de Justi (2015). De acuerdo con lo anteriormente expuesto, la argumentación es sindicada como una habilidad fundamental en la sociedad actual donde el capital humano es el eje central para establecer el conocimiento y el manejo de la información verbal y escrita. Por tal razón, la argumentación en las aulas es una buena oportunidad para involucrar a los estudiantes más desaventajados con sus propios aprendizajes, así los estudiantes frente a situaciones complejas y controvertidas se verán influenciados en la toma de decisiones como ciudadanos informados, junto con los procesos de argumentación, razonamiento y análisis de datos en los que se ven implicados cuando trabajan en entornos de aprendizaje con problemas sociocientíficos, además de crear un ambiente de participación colaborativo y respetuoso con altas expectativas de participación por parte de los estudiantes (Sadler, 2011).

Tabla 2. Caracterización de las capacidades argumentativas en términos de las habilidades involucradas en ellas. Matriz adaptada de Justi (2015).

Capacidad argumentativa	Habilidad argumentativa	Descripción
Manejo de la evidencia	H1	Identificar observaciones, hechos o datos para ser usados como evidencias en un determinado contexto.
Elaborar argumentos	H2	Diferenciar datos y/o pruebas de causas.
Elaborar argumentos	H3	Proponer justificaciones a partir de relaciones claras entre la evidencia y la afirmación.
Refutar	H4	Usar lenguaje científico apropiado en la expresión de un argumento escrito.

En esta investigación se utiliza el modelo argumentativo de Toulmin (MAT) para analizar los procesos argumentativos que presentan los estudiantes, ya que la estructura del argumento está basado en seis componentes (datos, justificación, fundamento, cualificador modal, refutación y conclusión). Se adopta la matriz planteada por Toulmin (2007) tomada y adaptada por Tamayo (2012) como referencia para evidenciar los niveles iniciales de argumentación reduciéndolos solamente a cuatro.

La propuesta que presenta Toulmin indica que para generar una conclusión se debe partir de una afirmación o tesis que es el punto de vista u opinión en base a un tema y se parte de un supuesto de que la idea es verdadera, la cual será demostrada en el desarrollo de la argumentación. Luego a partir de hechos o premisas se puede llegar a la conclusión. Para que la conclusión alcance un mayor valor argumentativo se debe sustentar por unas garantías del argumento o justificación. Si la garantía se respalda por una teoría, una ley o el conocimiento científico aceptado, el argumento adquiere mayor importancia. Para el desarrollo de las habilidades argumentativas se requiere de estrategias pedagógicas que se promueven mediante un trabajo sistemático y la evaluación de la calidad de un argumento se evalúa en términos de los componentes del MAT que están presentes (o ausentes) en el discurso de los estudiantes.

Se ha definido una escala que permite cuantificar la argumentación según cuatro niveles, que van desde un nivel de argumentación más simple (NA1) hasta un nivel más sofisticado (NA4) (tabla 3).

Tabla 3. Niveles Argumentativos. Matriz adaptada de Tamayo (2012).

Niveles argumentativos	Características de los argumentos	Cód. estudiante	Cita argumento	Análisis del argumento
Nivel A1	Elabora argumentos que son una descripción simple; es decir, en este nivel el estudiante no hace ningún tipo	E1 a E37		

de análisis, sino que se limita a utilizar sus herramientas lingüísticas para narrar lo que capta con sus sentidos.

Nivel A2 Elabora argumentos en los que se identifican con claridad los datos y una conclusión. En esta etapa, el estudiante concibe la totalidad de los datos y los analiza para emitir una conclusión.

Nivel A3 Elabora argumentos en los cuales se identifican con claridad los datos, las conclusiones y una justificación. No solo percibe los datos y emite varias conclusiones, sino que estas están soportadas o justificadas.

Nivel A4 Elabora argumentos constituidos por datos, conclusiones y justificaciones haciendo uso de calificadores o respaldo teórico. En este punto, el estudiante tiene claros los datos, emite conclusiones con sus respectivas justificaciones y usa respaldos. Esto significa que amplía su conocimiento al de otras personas que hablan del tema y esto genera fundamentos o garantías sobre sus propias deducciones.

Fuente: Elaboración propia para la producción de argumentos de los estudiantes.

Objetivo general

Distinguir las habilidades argumentativas que representan mayores dificultades para los estudiantes de primer año medio que identifican problemas sociocientíficos relacionados con el aprendizaje del cambio químico.

Objetivos específicos

- Explicar cuáles son las habilidades argumentativas que presentan los estudiantes de primer año medio para enfrentar situaciones de contexto que involucran problemas sociocientíficos que se relacionan con las reacciones químicas.

- Relacionar las habilidades argumentativas con el posicionamiento crítico que adoptan los estudiantes frente a los problemas sociocientíficos que involucran reacciones químicas.

Validación de la secuencia de enseñanza y aprendizaje

En esta secuencia de enseñanza y aprendizaje se aplicó una matriz de juicio de par experto que se basó en las cuatro categorías que se fijaron para dar validez de contenido a los ítems de las ocho actividades propuestas: coherencia, relevancia, claridad y suficiencia. Para cada categoría se muestran cuatro indicadores numéricos que representan la opinión del juez experto sobre qué medida cumple cada ítem con la categoría indicada. En este sentido, se presenta un riguroso proceso de elaboración, aplicación y reelaboración, EAR (Guimarães y Giordan, 2013) de la secuencia didáctica que representa un conjunto de actividades articuladas y organizadas de forma sistemática en torno a una problematización central.

Una vez obtenidas las evaluaciones de las dos juezas expertas que participaron en la validación de la SEA, se transcriben los indicadores numéricos a una planilla Excel para determinar el índice Kappa (tabla 4) que indica el nivel de concordancia de los jueces evaluadores en cada una de las categorías y de esta manera se determina la validez del instrumento.

Tabla 4. Límites para grado de acuerdo coeficiente Kappa.

Kappa	Estimación del grado de acuerdo
<0	No acuerdo
0,0-0,2	Insignificante
0,2-0,4	Bajo
0,4-0,6	Moderado
0,6-0,8	Bueno
0,8-1,0	Muy bueno

Los resultados de validez arrojados de acuerdo con el índice Kappa para las categorías suficiencia, coherencia y relevancia es 1,0 y para la categoría claridad es 0,86, esto quiere decir, que hay muy buena concordancia entre la valoración de los jueces. Se realizaron las mejoras en las actividades de la SEA en cuanto a la claridad de las instrucciones y el tiempo verbal que se utiliza, por ejemplo, en lugar de poner en instrucciones como “escribir en el cuaderno” estas se modificaron por “escribe en tu cuaderno”. Asimismo, se modificó la cantidad de espacio para que los estudiantes pudieran responder en sus guías de actividades. La evaluación de las actividades de la SEA ha permitido realizar algunos ajustes de acuerdo con los aportes de pares, docentes expertos y los mismos estudiantes.

El proceso de validación interna fue realizado mediante la información que se recaudó a través de la implementación de la SEA en un grupo muestra perteneciente al mismo establecimiento. La muestra consistió en un pilotaje a 6 estudiantes de primero medio paralelo. Se consideraron las sugerencias aportadas por dos profesoras, una de ellas profesora de Lenguaje y Literatura especialista en argumentación y la otra profesora con especialidad en Biología y Ciencias Naturales.

La validación externa de la SEA utilizó el modelo comparativo de Stake (1967) ya que se

cotejó la SEA elaborada con secuencias que se relacionan con la misma noción y que son utilizadas en el sistema escolar, por ejemplo, los libros de texto de Química de Primero Medio de Editorial Santillana y de Editorial SM. En la figura 2, se presenta la matriz de validación propuesta por Robert Stake (1967 y 1983), la cual se completa respondiendo a preguntas referidas a la planificación de la SEA (casillas 1, 2 y 3), a la aplicación de la SEA (casillas 4, 5 y 6), a los criterios de calidad de la SEA (casillas 7, 8 y 9) y a la valoración de la SEA (casillas 10, 11 y 12).

Matriz Descriptiva			Matriz de Juicio		
	Planificación	Implantación		Criterios	Valoración
Base lógica	1	4	Antecedentes	7	10
	2	5	Actividades	8	11
	3	6	Efectos	9	12
	M. Teórico	M. empírico			

Figura 2. Diseño respondiente. Adaptado de Stake, 1967.

METODOLOGÍA DEL DISEÑO DIDÁCTICO

De acuerdo con los objetivos de este trabajo, se utiliza la Metodología Basada en el Diseño (IBD) ó “Design-Based Research” ya que según Guisasola (2021) corresponde a un proceso que conecta el diseño de la intervención educativa con las teorías generales para permitir a los investigadores generar productos útiles y para resolver problemas individuales y colectivos de la educación. Esta metodología está basada en la evaluación de los objetivos de aprendizaje para el nivel educativo elegido y presenta una visión transformadora de la investigación educativa, donde los resultados que se obtienen durante el proceso permiten evaluar y refinar los propios diseños y resulta altamente útil en los procesos de reflexión acerca de la investigación (Marín y colaboradores, 2019).

La principal fortaleza que tiene la IBD es su potencialidad para disminuir la brecha que hay las prácticas en las aulas y los resultados de investigación, porque la innovación y la investigación se retroalimentan en cada ciclo de implementación (Velasco y colaboradores, 2021).

Enfoque y tipo de investigación

Esta investigación tiene un enfoque cualitativo explicativo ya que pretende analizar el

contenido de las respuestas entregadas por los estudiantes categorizándolas por niveles de argumentación y por desarrollo de habilidades argumentativas. El trabajo de producciones colectivas va a permitir tener un sentido de la comprensión más definitivo de los niveles de argumentación y la causalidad porque podrán expresar de modo concreto los conocimientos científicos que tienen sobre la noción de cambio químico.

Diseño de la secuencia de enseñanza y aprendizaje (SEA)

La secuencia didáctica (SEA) ha sido diseñada con el propósito de abordar la noción de cambio químico, propiciando las habilidades argumentativas que tienen los estudiantes acerca de problemas sociocientíficos que se relacionan con los avances científicos y tecnológicos y el impacto que produce al medioambiente el tratamiento de sustancias químicas como colorantes en la industria textil, todo esto en el marco de los planes y programas de estudio de Ciencias Naturales de primero medio del Ministerio de Educación de Chile (2016).

De acuerdo a lo que señalan Morales y Salgado (2017), la estrategia metodológica que se utiliza en este trabajo se presenta en cuatro fases como lo ilustra la figura 3: exploración, introducción de nuevos conceptos, sistematización y aplicación, de acuerdo con el ciclo de aprendizaje constructivista de Jorba y Sanmartí (1996), que busca a través de las actividades “transformar el conocimiento para ser aprendido” (Sanmartí, 2002), no sólo el concepto y el procedimiento de las ciencias, sino también las actitudes y los valores asociados.

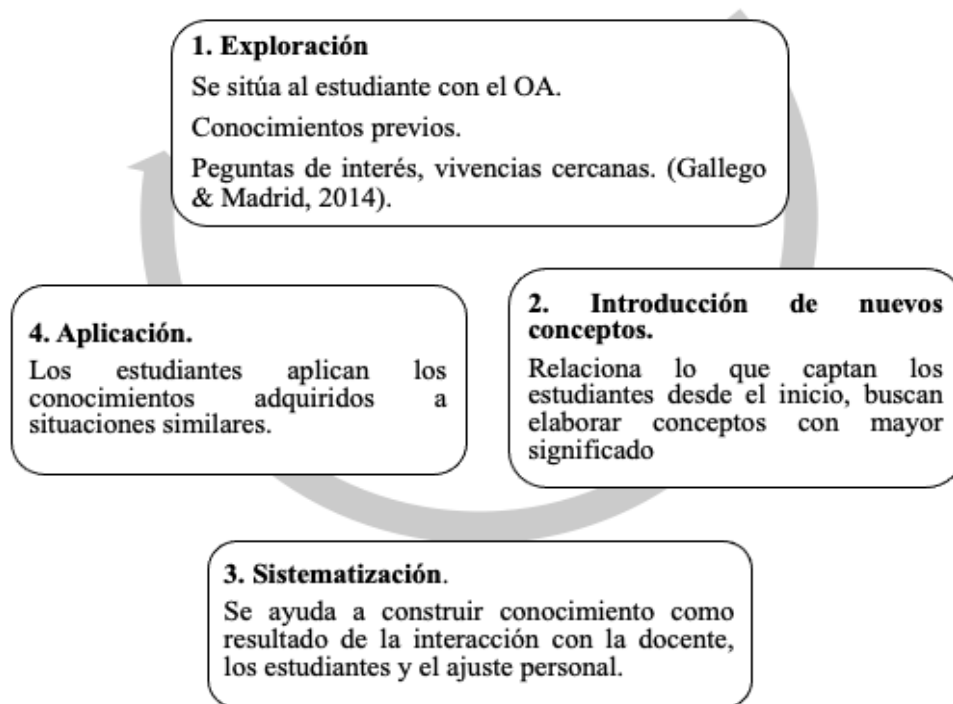


Figura 3. Ciclo de aprendizaje adaptado de Jorba y Sanmartí, 1996.

Para el tipo de actividades de aprendizaje (AA) que se plantean en esta SEA ha sido importante considerar la diversidad de alumnos dentro del aula, razón por la que se debe diversificar y adaptar su complejidad a las características, intereses y contexto de los estudiantes.

Es importante señalar que previamente a la implementación de esta SEA se realizaron dos clases con el curso en donde se explicó una definición acerca de qué es la argumentación en ciencias. Se consideró pertinente y necesario mostrar a los estudiantes los elementos de un argumento según Toulmin (2012), posteriormente se modeló un ejemplo y se pidió a los estudiantes que formaran parejas de trabajo para analizar un problema relacionado con el uso de una central salina para generar energía y producir argumentos utilizando los elementos planteados por Toulmin.

A continuación, en la tabla 5 se especifican los contenidos desarrollados en cada etapa del ciclo de aprendizaje de la secuencia de enseñanza y aprendizaje y el tipo de actividad desarrollada.

Tabla 5. Ruta de progreso de actividades de la SEA

Ciclo de aprendizaje SEA	Contenidos	Actividad de aprendizaje	Tipo de actividad
Exploración	Diferencias entre cambio químico y cambio físico.	Individual	Actividad de clasificación de cambios de la materia según sus características.
Introducción de nuevos conceptos	Definición de cambio químico mediante un modelo explicativo.	Individual Duplas	Elaboración de un modelo que explica cómo se produce un cambio químico. Explicación del fenómeno mediante la creación de una historieta con una situación de contexto cotidiano: mancha de cloro en un jean.
Sistematización	Recolección de pruebas a través de una actividad experimental sobre el poder decolorante del cloro para elaborar argumentos.	Grupal	Actividad experimental de explicación, observación, pruebas y producción de argumentos basadas en el modelo de Jiménez-Aleixandre.

Aplicación	Casos de contexto cotidiano en que la noción de cambio químico se representa mediante problemas sociocientíficos.	Duplas	Creación de un podcast radial con juego de roles de entrevistador y experto para analizar la incidencia de los tintes naturales y sintéticos en el impacto ambiental por contaminación. Organización de un debate argumentativo escrito trabajando la tesis: “Los avances tecnológicos y científicos promueven una industria textil más sustentable y comprometida con el medio ambiente”.
		Grupal	

Fuente: Elaboración propia

La necesidad de diseñar la secuencia de enseñanza y aprendizaje (SEA) bajo el contexto del cambio químico, busca que los estudiantes consideren a la ciencia como una disciplina capaz de culturizar y fomentar formas de razonamiento para tener opiniones informadas y valorar el conocimiento científico. Las distintas AA apuntan a desarrollar habilidades cognitivo-lingüísticas (González et al., 2014) por lo que se centra en el análisis de los conceptos adquiridos por los estudiantes a partir de los procesos argumentativos de acuerdo a lo que indican las figuras 3 y 4.

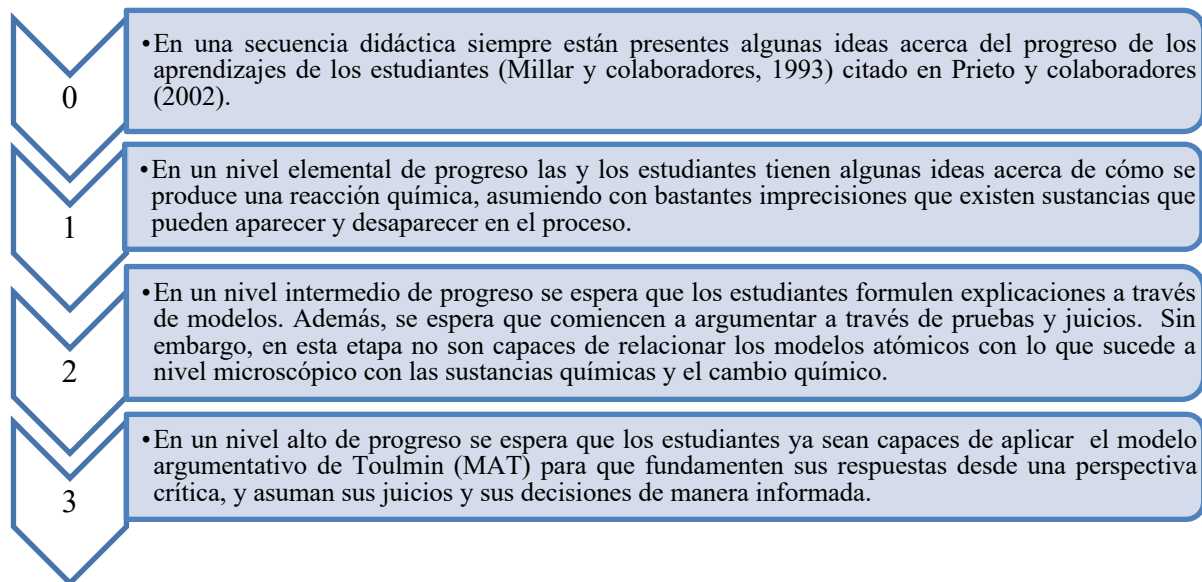


Figura 4. Progresión de los aprendizajes esperados en la SEA.

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

La pregunta que orienta esta investigación es: ¿Cuál es la causa del bajo nivel argumentativo que presentan los estudiantes de primer año medio sobre la noción de cambio químico en torno a problemas sociocientíficos cuando elaboran argumentos usando el modelo

argumentativo de Toulmin?

Se considera un estudio de caso, ya que se contempla como único caso al grupo de estudiantes de primero medio de una institución escolar particular pagada que estudian reacciones químicas. Esta investigación intenta interpretar y comprender el proceso de construcción de conocimiento grupal mediante estrategias que permiten involucrar a los estudiantes en problemas contextualizados que requieren la noción científica de cambio químico y el desarrollo de las habilidades argumentativas.

Muestra

La noción de cambio químico se abordó mediante la aplicación de la SEA en un establecimiento educacional católico, particular pagado de la Comuna de Las Condes, perteneciente al Arzobispado de Santiago, que tiene como misión formar líderes con sólida formación académica y valórica, capaces de responder a los desafíos actuales para contribuir a la construcción de una sociedad más justa a la luz del Evangelio de Cristo. En este sentido, el desarrollo de las habilidades argumentativas permitirá acercar a los estudiantes a problemas de contexto cotidiano y adoptar una opinión informada y debatir de manera oral u escrita acerca de problemas sociocientíficos relacionados con los procesos de transformación de la materia y los cambios químicos.

Los participantes de esta investigación corresponden a 18 estudiantes de primer año medio de un total de 37 estudiantes, cuyas edades fluctúan entre los 14 y 15 años. La reducción en el número inicial de la muestra se debe a que se usaron criterios de exclusión ya que hubo estudiantes que durante la implementación de la SEA estuvieron con licencia médica y se ausentaron durante una o más clases, otros estudiantes estuvieron de viaje familiar o por deportes de alto rendimiento.

Cabe destacar que durante el inicio de la implementación, en el mes de agosto se incorporaron al curso dos estudiantes, razón por la cual no participaron de la muestra puesto que se había comenzado a implementar la SEA. Por otra parte, hubo estudiantes que no se consideraron en este estudio debido a que no realizaron y/o completaron las actividades de aprendizaje aun estando presentes en las sesiones de clase. Las guías de trabajo con las distintas actividades de aprendizaje planificadas durante esta SEA se entregaron a los 37 estudiantes que constituyen el curso de primer año medio.

De acuerdo con lo que se expone anteriormente y con la finalidad de optimizar el análisis de datos, en este estudio sólo se han considerado los estudiantes que participaron en todas las sesiones de trabajo, con producciones individuales y colectivas completas.

Los estudiantes tuvieron 7 sesiones de trabajo de 90 minutos cada una y un total de ocho actividades que fueron distribuidas para realizar en clases producciones colectivas en duplas y en grupos de trabajo de cuatro a cinco estudiantes.

Instrumentos y recolección de datos

En este estudio, los datos fueron obtenidos de la producción grupal de argumentos de los estudiantes y la evolución de las habilidades argumentativas según la complejidad de las

actividades que se proponen. Estos datos son de tipo visuales y textuales a través de actividades de aprendizaje realizadas a lo largo de la SEA que consideran el posicionamiento de los estudiantes frente a problemas sociocientíficos de contexto cotidiano. Estos datos se recogieron a partir de grabaciones de audio de los distintos grupos de trabajo y las interacciones dadas entre los estudiantes cuando argumentan y debaten alguna idea en la sesión de clase.

Las técnicas e instrumentos para la recolección de datos son:

- Contenido o documental: mediante la recolección de datos y producción colectiva de las actividades de aprendizaje resueltas por los estudiantes en donde se obtienen sus respuestas y argumentos a través de una matriz de análisis (matriz modificada de Tamayo, 2012) y una matriz de clasificación de habilidades argumentativas (matriz modificada de Justi, 2015) y la matriz de progresión de la noción de cambio químico.
- Observación participante: esta técnica se lleva a cabo mediante las transcripciones de argumentos, las discusiones y los diálogos que se dan entre estudiantes a través de grabaciones de voz.

Unidad de análisis

Los datos textuales en esta SEA se recolectan mediante el desarrollo de las actividades de aprendizaje (AA). Para analizar el levantamiento de las concepciones alternativas de los estudiantes, se seleccionan las respuestas individuales de los estudiantes correspondientes a la AA1 sobre situaciones de caso que hablan de cambio químico y cambio físico, de esta manera se obtienen ciertos perfiles de estudiantes. Para analizar la progresión del nivel argumentativo de los estudiantes y la adquisición de habilidades argumentativas a lo largo de esta implementación, se seleccionan las respuestas de todos los grupos de trabajo participantes en aquellas actividades que promueven un cierto nivel argumentativo y su respectiva habilidad que corresponden a la AA3, AA4, AA5 y AA8.

Análisis de datos

Se analiza el contenido de las respuestas escritas de los grupos de estudiantes acerca de la noción de cambio químico utilizando el MAT a través de categorías de análisis, las cuales permiten evidenciar el sustento y la comprensión de esta noción mediante la argumentación de problemas sociocientíficos a través de toda la secuencia de enseñanza y aprendizaje. Para determinar el nivel de los argumentos producidos se utiliza la matriz adaptada de Tamayo (2012), que se muestra en la tabla 3, que es útil para analizar las producciones argumentativas de los estudiantes.

Para caracterizar la capacidad argumentativa en términos de las habilidades argumentativas se utiliza la matriz adaptada de Justi (2015) (tabla 2) y para analizar la progresión de la noción de cambio químico en la SEA se utiliza la matriz modificada de Ansaldi (2021) como se muestra en la tabla 6.

Tabla 6. Clasificación de categorías para el análisis de la progresión del concepto de cambio químico.

Nivel	Categorías	Código	Descripción
Nivel 1: ideas previas sobre el concepto de cambio químico y las diferencias que se establecen con el cambio físico.	Diferenciar las características de los cambios químicos y los cambios físicos.	NL: no logrado	Concepciones que carecen de relaciones adecuadas sobre las características del cambio químico y su definición.
		PL: parcialmente logrado.	Concepciones que presentan relaciones incompletas entre las características del cambio químico y su definición.
			Concepciones que presentan una adecuada relación entre las características del cambio químico y su definición.
Nivel 2: las reacciones químicas que ayudan a comprender el concepto de cambio químico y el levantamiento de producción de argumentos.	Explicar en base a argumentos cuáles son las características de los cambios químicos que ocurren con la decoloración de la tela de jeans.	L: logrado	Concepciones que carecen de explicaciones científicas y el proceso de decoloración como un cambio químico que produce el hipoclorito de sodio.
		NL: no logrado	Concepciones que presentan relaciones incompletas entre explicaciones científicas y el proceso de decoloración como un cambio químico que produce el hipoclorito de sodio.
			Concepciones que presentan una adecuada relación entre las explicaciones científicas y el proceso de decoloración que produce el hipoclorito de sodio en las telas.
			Concepciones que carecen de argumentos (siguiendo el MAT) sobre el impacto ambiental que provoca la industria textil como precursora de procesos químicos industriales.
PL: parcialmente logrado.	Concepciones que presentan argumentos incompletos (siguiendo el MAT) sobre el impacto ambiental que provoca la industria textil como precursora de procesos químicos industriales.		
	Concepciones que presentan una adecuada cantidad de argumentos (siguiendo MAT) sobre el impacto ambiental de la industria textil como precursora de procesos químicos industriales.		
		L: logrado	

Nivel 3: las reacciones químicas presentes en la industria textil y el impacto ambiental que genera involucrando algunos de los ODS que declara la ONU.

Argumentar y debatir acerca del impacto ambiental que genera la producción mundial de textiles como actividad productiva que involucra procesos químicos.

NL: no logrado

PL: parcialmente logrado.

L: logrado

Fuente: Modificado de Ansaldi (2021) para clasificación de categorías de análisis de progresión de contenidos argumentativos.

Luego de codificar y cuantificar los datos, éstos se representan en gráficos según la relación entre los antecedentes y los resultados obtenidos de la aplicación de la SEA en distintos grupos de trabajo. Posteriormente, se discuten los resultados de las producciones colectivas de los estudiantes ya que las actividades fueron diseñadas para esa metodología de trabajo a excepción de la AA1 que es insumo para el levantamiento de concepciones alternativas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación se presenta el resultado del levantamiento de concepciones alternativas de los estudiantes acerca de la noción de cambio químico en la fase de exploración. Con la finalidad de establecer el perfil de estudiante, en la AA1 se aplican dos situaciones de caso en que a través de las características que se dan, cada estudiante debe justificar qué tipo de cambio ocurre explicando cómo se evidencia este cambio. Los resultados arrojan que el 39

% de los estudiantes cree que el cambio químico se relaciona con una mezcla de sustancias, el 22 % de los estudiantes cree que el cambio químico origina nuevas sustancias y el 22 % de los estudiantes cree que los cambios químicos están solamente relacionados a fenómenos que presentan cambios de color y de olor. Por otra parte, el 17 % cree que el burbujeo de sustancias en una reacción química se produce cuando se libera un gas. Estos resultados son esperables, ya que de acuerdo a la literatura, los estudiantes tienden a asociar la formación de mezclas de sustancias con los cambios químicos. Además, genuinamente los estudiantes relacionan el cambio químico con un color y un olor característico sin hacer el tránsito entre el mundo macroscópico y el mundo submicroscópico de la materia.

Para continuar, se toma la decisión de presentar los resultados de las AA aplicadas a dos de los siete grupos de estudiantes que participaron en este estudio. Esto debido a fines comparativos de las muestras con el nivel de competencias completas para cada AA. Se analizan las respuestas de cada grupo por separado en: i) la progresión de las componentes de las habilidades argumentativas en las AA3, AA4, AA5 y AA8, ii) el nivel de argumentación (NA) alcanzado según la matriz argumentativa adaptada de Tamayo (2012) considerando las competencias argumentativas del MAT y iii) la matriz de progresión del concepto de cambio químico aplicado para el ciclo de aprendizaje de Jorba y Sanmartí (1996) adaptada de Ansaldi (2021) para ambos grupos de estudio.

Como se aprecia en la figura 5, se presenta la aparición o la ausencia de los componentes de las habilidades argumentativas durante el desarrollo de las actividades de aprendizaje del grupo 1 (G1).

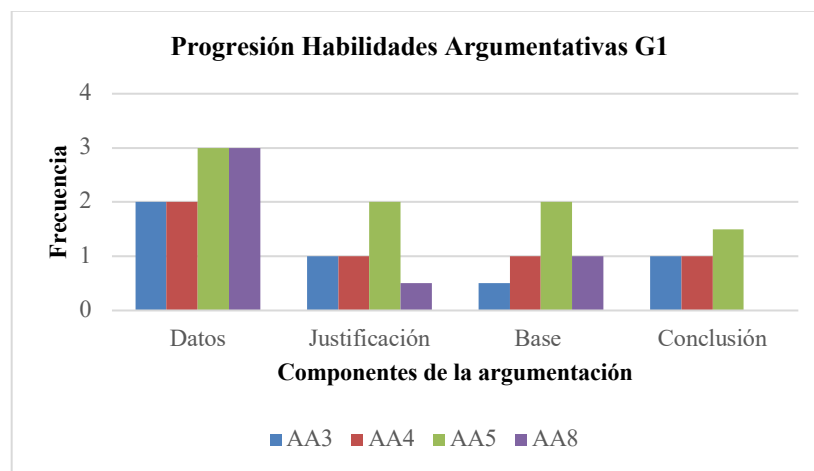


Figura 5. Progresión de argumentos de acuerdo a los componentes del MAT en G1.

El G1 ha ido incorporando de manera gradual el manejo de evidencias en las cuatro actividades de aprendizaje que se analizan. Pues parece ser que es una competencia que pueden trabajar sin mayores obstáculos cuando se enfrentan a situaciones en que se les ofrece optar entre dos explicaciones, distintas observaciones o tomar algún posicionamiento crítico frente a una tesis que se les facilita. En este caso, de acuerdo con la matriz adaptada de Justi

(tabla 2), el G1 no tiene dificultades para desarrollar la habilidad de manejo de evidencias mediante las observaciones, hechos o datos. Por otra parte, se observa que para la componente justificación se presentan bajos resultados en las AA3, AA4 y AA8 ya que tienden a confundirse con la conclusión, pues existe un mayor grado de dificultad para relacionar la justificación con las pruebas con que se cuenta y producir argumentos. A pesar de que en la AA3 se plantea una actividad experimental con pruebas, explicaciones y observaciones, llama la atención el bajo resultado obtenido, a diferencia de las AA4 y AA8 en las cuales para las fases de sistematización y aplicación la complejidad de la producción de justificaciones aumenta porque se realiza una revisión documental y un resumen para elaborar justificaciones.

Con respecto a la competencia de conocimiento básico se aprecia que las actividades AA4 y AA8 tienen un mismo nivel de logro, sin embargo, en la AA5 donde las producciones son más sofisticadas debido a una investigación documental con resultado de producción de un podcast, se estima un mayor respaldo de las justificaciones usando el conocimiento disponible en fuentes confiables de información sumado a sus propios conocimientos sobre el problema sociocientífico analizado y argumentado.

En relación a la competencia de conclusión, el G1 ve disminuida su capacidad de propuesta a medida que se desarrollan las AA de la SEA porque no incluyen una reformulación o reafirmación de la tesis (conclusión o propuesta). Además, para que la conclusión pueda alcanzar un mayor valor argumentativo se necesita sustentarla mediante la justificación y esto es coherente, puesto que esta competencia argumentativa es bastante baja de acuerdo a lo que muestra la figura 5.

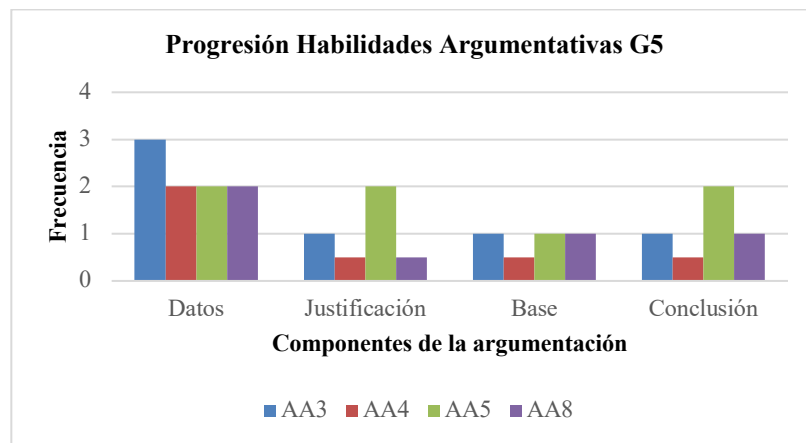


Figura 6. Progresión de argumentos de acuerdo a los componentes del MAT en G5.

De acuerdo con la información que nos entrega la figura 6, en la progresión argumentativa del G5 se reconoce que hay una incorporación gradual de los componentes argumentativos en sus sustentos, vale decir, integran en mayor proporción el componente conclusión en las producciones de las AA5 y AA8 en donde deben elaborar un texto argumentativo siguiendo el esquema del MAT y adoptar una postura a favor y otra en contra a partir de una tesis que

se les facilita, actividad que representa para la mayoría de los grupos un mayor grado de complejidad con un bajo nivel de logro. En las producciones se aprecia que el valor argumentativo es sencillo, puesto que hay una baja proporción de la justificación de argumentos en las AA a excepción de la AA5.

A continuación, se presenta en la tabla 7 un ejemplo de transcripción de textos del G1 y G5 sobre la producción de un argumento a favor y en contra usando la tesis que entregada en la AA8 durante la fase de aplicación mediante una situación de caso, de contexto cotidiano relacionado con un problema sociocientífico generado a partir de la industria textil de jeans, el uso de tintes sintéticos en el procesamiento industrial, el gasto de agua y el impacto ambiental de la manufactura del jeans. La AA8 se ha diseñado con la finalidad de posicionarla en un nivel argumentativo 4 (NA4). La tesis corresponde a “Los avances tecnológicos y científicos promueven una industria textil más sustentable y comprometida con el medio ambiente”. Para la elaboración de los argumentos, los estudiantes cuentan con material impreso con distintas lecturas para favorecer la construcción de argumentos usando todas las componentes del MAT que fueron enseñadas, sumado a esto, se presentan en clases los objetivos de desarrollo sustentable (ODS) en donde se recomienda considerar los ODS 6, 9 y 12 para el trabajo de sus argumentos en torno a problemas sociocientíficos basados en el procesamiento de materias primas para la elaboración del denim y el uso de colorantes textiles sintéticos.

Tabla 7. Ejemplo comparativo de progresión en niveles argumentativos en AA8 de G1 y G5.

G 1	G 5
<p><i>Argumento a favor: “La fabricación de jeans también implica el consumo de energía y emisiones de gases de efecto invernadero. Sin embargo, algunos fabricantes están adoptando prácticas más sostenibles, como el uso de algodón orgánico, tintes naturales y tecnologías de ahorro de agua”.</i></p>	<p><i>Argumento a favor: “El proceso de elaboración del denim es una importante fuente de empleos, ya que por ejemplo, países como India o Bangladesh basan gran parte de su economía en la industria de los jeans, esto porque como es un proceso de fabricación masivo, necesita mucha gente para sostenerse, aunque esos países son bastante conocidos por la explotación laboral presente en ellos.</i></p> <p><i>La industria del denim ha estado evolucionando para reducir la contaminación que producen, ya que más de una empresa ha buscado métodos sostenibles para producir sus jeans, esto porque es realmente caro el enorme gasto de agua y químicos usados en la producción.</i></p> <p><i>En conclusión, la creación del denim le da empleo a mucha gente y se está volviendo cada vez más sostenible, por lo que debería mantenerse y continuar su desarrollo”.</i></p>
<p><i>Argumento en contra: “La producción de tela de jeans, generalmente denim de algodón, tiene un impacto ambiental significativo. El cultivo intensivo de algodón a menudo implica el uso extensivo de pesticidas y agua. Además el proceso de teñido del denim puede generar contaminantes químicos”.</i></p>	<p><i>Argumento en contra: “El proceso de elaboración del denim utiliza una gran cantidad de agua ya que en total se usan unos 10000 L de agua, esto porque la producción de tejido de algodón necesita 8000 L de agua, mientras que la propia producción de los jeans requiere unos 2000 L de agua.</i></p>

El denim es muy dañino para la salud, ya que se han descubierto efectos adversos en la gente que trabaja en la producción de los jeans e incluso en sus consumidores, esto porque su creación involucra compuestos tóxicos que no desaparecen al venderse la prenda, aunque el potencial alergénico de la tela es bastante bajo.

En conclusión, el proceso de creación de los jeans y el denim provoca un enorme gasto de agua y potencialmente puede afectar la salud de la gente, por lo que es necesario regular su producción.

El ejemplo de la tabla 7 demuestra que el G5 ha evolucionado hacia la producción de argumentos más sofisticados que tienden a seguir la propuesta del MAT. En cambio, la producción de argumentos del G1 son sencillos y se aprecian ausencias de algunos de los componentes argumentativos como la elaboración de una propuesta de justificaciones a partir de relaciones claras entre la evidencia y la afirmación, y la refutación usando un lenguaje científico apropiado en la expresión de un argumento escrito. Por lo tanto, las evidencias de los gráficos son concordantes con estos resultados.

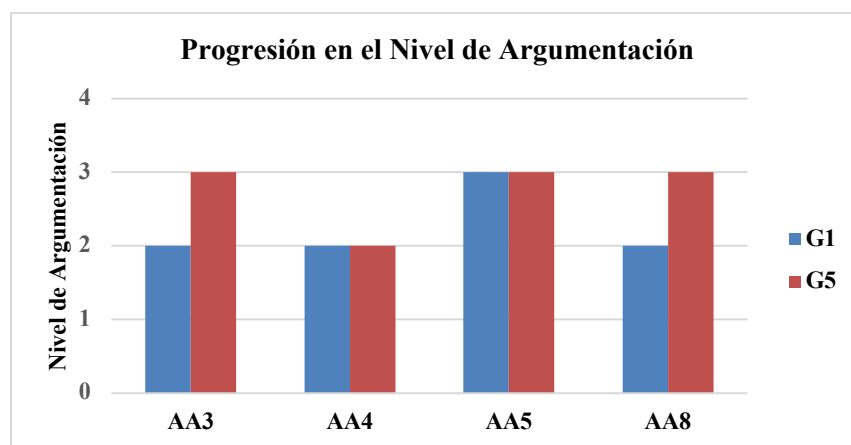


Figura 7. Progresión en los niveles argumentativos en AA de los G1 y G5.

En la figura 7 se evidencia que sólo en la AA5 ambos grupos logran alcanzar un NA3, ya que los estudiantes pueden elaborar argumentos más consistentes en los que se identifican con claridad los datos, las conclusiones y una justificación.

En relación a la progresión del concepto de cambio químico aplicado para el ciclo de aprendizaje de Jorba y Sanmartí (1996) para ambos grupos de estudio se representan los resultados en la siguiente tabla 8. La tabla 8 indica que la AA1 en N1 no fue lograda puesto que el G1 tiene la concepción alternativa de que cuando se habla de una reacción química lo que sucede internamente con la materia es una mezcla de partículas de sustancia pero no se comprende la transformación de sustancias a nivel molecular para obtener nuevas sustancias con distintas propiedades y características. Por otra parte, resulta concordante el resultado de la progresión de contenidos argumentativos para la AA3, AA4 y AA8 ya que al implementarlas estas son parcialmente logradas.

Tabla 8. Clasificación de categorías de análisis de progresión de contenidos argumentativos, modificado de Ansaldo (2021).

GRUPO	NIVEL	AA	CÓDIGO
G1	N1	AA1	NL
	N2	AA3	PL
	N3	AA4 – AA8	PL
G5	N1	AA1	L
	N2	AA3	L
	N3	AA4 – AA8	PL

Fuente: Elaboración propia.

En cambio, para el resultado del G5 se aprecia que los estudiantes parten con una idea previa adecuada acerca de la noción de cambio químico que resulta ser la base para la producción de argumentos aceptables para la AA3 a excepción de las AA4 y AA5 en que si bien el nivel de argumentación tiende a seguir el MAT, no consideran en sus argumentos los tres ODS propuestos para adoptar una visión crítica y contundente en torno al problema sociocientífico trabajado, por tal motivo se categorizó el N3 como parcialmente logrado.

CONCLUSIONES

De acuerdo a los objetivos planteados en la presente investigación, ha sido posible diseñar y validar la SEA en base a la argumentación de problemas sociocientíficos que están relacionados con la noción de cambio químico para distinguir las habilidades argumentativas que representan mayor grado de dificultad en los estudiantes de primer año medio.

A partir de los resultados obtenidos al analizar las concepciones alternativas de los estudiantes se concluye que éstas son ingenuas e insuficientes, razón que permite identificar a los estudiantes bajo un perfil sustancializador, ya que asocian a las sustancias químicas con ciertos cambios de color u olor.

Por otra parte, con el transcurso de la implementación de las actividades que se consideran en el análisis, los estudiantes elaboran producciones colectivas que les permiten progresar desde un nivel argumentativo 1 hasta un nivel argumentativo 2. En el caso del grupo 5, logra avanzar hacia el nivel 3 de la argumentación adoptando la mayoría de las componentes del modelo argumentativo de Toulmin. Cabe señalar que este grupo de estudiantes corresponde a aquellos que tienen los mejores rendimientos académicos en el grupo de estudio.

Los resultados que se obtienen en la aplicación de esta SEA permiten responder a la pregunta de investigación señalando que la causa principal del bajo nivel de argumentación obtenido se debe a la dificultad que presentan los estudiantes para desarrollar las habilidades argumentativas considerando la falta de hábito hacia el manejo de información y la lectura de la misma para generar unas buenas y apropiadas producciones colectivas acerca de los problemas sociocientíficos y el desarrollo de la argumentación a favor o en contra de la tesis que se facilita para la aplicación de la última actividad de aprendizaje de la SEA.

De acuerdo a los resultados, no se presentan mayores problemas con la habilidad de manejo

de evidencia ni con la elaboración de argumentos basados en la diferenciación de datos o pruebas de las causas. No obstante, la habilidad de elaboración de argumentos basados en la propuesta de justificaciones a partir de relaciones claras entre la evidencia y la afirmación junto con el uso de lenguaje científico apropiado para producir un argumento escrito alcanzan bajos niveles argumentativos, razón por la cual se sitúan con bajos niveles argumentativos de acuerdo al modelo argumentativo de Toulmin.

Como docente de ciencias en ejercicio surge una gran interrogante para seguir avanzando en materia de desarrollo de las habilidades argumentativas en los estudiantes: ¿De qué manera podemos involucrar a distintos subsectores de mi comunidad escolar para promover el desarrollo de las habilidades argumentativas de las y los estudiantes desde la etapa escolar inicial incentivando(nos) a trabajar de manera conjunta, permanente y alineados para propiciar la argumentación, la opinión informada y el debate, y de este modo contribuir a la formación de futuros ciudadanos capaces de generar impacto en las decisiones que involucran el cuidado del medio ambiente, la mitigación de la pobreza, la justicia social y la reducción de sustancias contaminantes como algunos de los dilemas sociocientíficos que nos concierne como sociedad?

Limitaciones

Este estudio presenta ciertas limitantes que se relacionan con la detección del bajo nivel de lectura y escritura por parte de los estudiantes ya que en las actividades de aprendizaje que requieren de búsqueda de información, lectura de papers y lectura de artículos impresos es escaso el número de estudiantes que sintetizan las ideas principales de los mismos y hacen una revisión del material para documentar los argumentos en cada actividad propuesta. Parece ser que es una tarea transversal que concierne a todos los educadores la de fomentar en los estudiantes el hábito de la lectura y de la escritura para lograr un mayor número de estudiantes con mayor capital cultural, que haga un buen uso del lenguaje y aumente la cantidad de palabras en su propio vocabulario.

Por otra parte, la cantidad de actividades de aprendizaje que se elaboraron en esta SEA, las ocho actividades denotaron una alta carga de lectura y escritura, por lo cual, no posibilitaron en su totalidad el logro de los objetivos de aprendizaje planteados. Es posible comenzar de manera gradual con la incorporación de lecturas para habituar al estudiante a ello, pues es menester seguir haciendo ajustes para poder volver a implementarla en futuros cursos de primero medio o incorporar el modelo de la SEA a cursos como tercero y cuarto medio. Si bien, esta SEA intencionó la capacidad argumentativa en los estudiantes, las actividades modeladas que se aplicaron siguiendo los elementos que considera Toulmin en su modelo argumentativo, no fueron suficientes para desarrollar el modelo completo puesto que los estudiantes de primero medio aún no aprenden sobre el tópico de argumentación en la asignatura de Lenguaje y Literatura ya que este contenido corresponde a otro nivel.

Para concluir, hubo estudiantes que durante la implementación de la SEA consideraron extensas las actividades propuestas debido al requerimiento de lecturas extensas, sumado a que los problemas sociocientíficos que se trabajaron fueron poco motivantes para ellos, así, algunos plantearon que no entendían la finalidad de la metodología de enseñanza aplicada en la SEA.

Agradecimientos

Este trabajo forma parte del Proyecto Fondecyt 1211092, financiado por la Comisión Nacional de Investigación y Desarrollo (ANID) del Gobierno de Chile.

Referencias

- Adúriz-Bravo, A. y Izquierdo-Aymerich, M. (2009). Un modelo de modelo científico para la enseñanza de las ciencias naturales. *Revista electrónica de investigación en educación en ciencias*, 40-49.
- Arias, A. (2023). Desarrollo de argumentación científica en estudiantes de pedagogía en ciencias a través de una secuencia de enseñanza y aprendizaje en torno a controversia socio-científica. *Revista de Innovación en Enseñanza de las Ciencias*. 5. 3-29. 10.5027/reinnec.V5.I1.109.
- Díaz-Moreno, N. y Liso, M. (2014). Las controversias sociocientíficas como contexto en la enseñanza de las ciencias.
- Driver, R., Newton, P. y Osborne, J. (2000). "Establishing the norms of scientific argumentation in classroom". *Science Education*, N° 84, Vol. 3, pp. 287-312.
- España, E. y Prieto, T. (2009). Educar para la sostenibilidad: el contexto de los problemas socio-científicos. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 6, 345-354.
- Gagliardi, R. (1986). Los conceptos estructurales en la enseñanza por investigación. *Enseñanza de las Ciencias*, 4 (1), 30-35.
- Galavgosky, L. y Pérgola, M. (2017). Química en Contexto. Una experiencia didáctica basada en la adaptación del programa alemán Chemie im Kontext (ChiK) en España y Argentina. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, pp. 619-624.
- Garriz, A. (2007). Química: ¿tiene que ver con sustancias o con procesos? <http://andoni.garriz.com/>
- González, C., Merino, C., Ahumada, G., Arenas, A., Salinas, V y Bravo, P. (2014). The local territory as a resource form learning science: A proposal for the design of teaching-learning sequence in science education. *Procedia - Social and Behavioral Science* 116, 4199-4204.
- Guimarães, Y. y Giordan, M. (2013). Elementos para Validação de Sequências Didáticas Elements for Validation Teaching Sequences. *Atas do IX Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – IX ENPEC Águas de Lindóia, SP – 10 a 14 de Novembro de 2013*.
- Guisasola, J., Ametller, J. y Zuza, K. (2021). Investigación basada en el diseño de Secuencias de Enseñanza-Aprendizaje: una línea de investigación emergente en Enseñanza de las Ciencias. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*. 18. 1-18.
- Ibacache, M. y Merino, C. (2021). Una propuesta de secuencia basada en el contexto, para la promoción de la argumentación científica en el aprendizaje de las reacciones químicas con estudiantes de educación media técnico profesional. *Revista Eureka*, 18(1), [1105].
- Jiménez-Aleixandre, M. (2010). 10 ideas clave competencias en argumentación y uso de pruebas. Madrid: GRAO.

- Justi, R. (2015). Relações entre argumentação e modelagem no contexto da ciência e do ensino de ciências. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências* (Belo Horizonte), 17(SPE), 31-48.
- Kind, V. (2004). Más allá de las apariencias. Ideas previas de los estudiantes sobre conceptos básicos de química. Santillana: México.
- Larraín, A. (2009). El rol de la argumentación en la alfabetización científica. *Estudios Públicos*. 116 (dic. 2009).
- Larraín, A., Freire, P., Moretti, R., Requena, M. y Sabat, B. (2015). ¿La universidad en Chile promueve las habilidades de argumentación escrita? Un estudio exploratorio comparativo de estudiantes de educación universitaria y educación técnica. 43. 201-228.
- Lemke, J. (1997). Aprender a hablar ciencia. Lenguaje, aprendizaje y valores. Barcelona: Paidós.
- Marín V., Salinas J. y Aranciaga I. (2019). Investigación basada en diseño en entornos virtuales: rediseño para el apoyo de la tesis de maestría en estudios a distancia. En PUCP Tecnología e innovación para la diversidad y calidad de los aprendizajes. Lima (Perú): PUCP.
- Méndez Coca, D. (2013). ¿Cómo afrontan los alumnos en secundaria las reacciones químicas? *Aula de Encuentro*, N° 15, pp. 129-137.
- Ministerio de Educación (2015). *Bases Curriculares Séptimo Básico a Segundo Medio*. Santiago, Chile: Ministerio de Educación
- Morales, C., y Salgado, Y. (2017). Química orgánica en contexto y argumentación científica: una secuencia de enseñanza aprendizaje, desafíos y compromisos. *Revista de Innovación en Enseñanza de las Ciencias 1*. 10.5027/reinnec.V1.I1.2.
- Oliva Martínez, J. (1999). «Algunas reflexiones sobre las concepciones alternativas y el cambio conceptual». *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 17(1), pp. 93-107.
- Perales, F. J., y Jiménez, J. D. (2002). Las ilustraciones de la enseñanza-aprendizaje de las ciencias. Análisis de libros de texto. *Enseñanza de las ciencias*, 20(3), pp. 369-386.
- Prieto Ruiz, T., Blanco López, A y Brero Peinado, V. (2002). La progresión en el aprendizaje de dominios específicos : una propuesta para la investigación. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 2002, Vol. 20(1), pp. 3-14.
- Sanmartí Puig, N., Pipitone Vela, C. y Sardà, J. A. (2009). Argumentación en clases de ciencias. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 2009, N° Extra, pp. 1709-1714.
- Sadler, T. D. (2011). Situating Socio-scientific Issues in Classrooms as a Means of Achieving Goals of Science Education, en Sadler, T. D. (Ed.) *Socio-scientific Issues in the Classroom: Teaching, learning and research* (pp. 1-9). Netherlands: Springer.
- Solsona Pairó, N. y Izquierdo Aymerich, M. (1999). El aprendizaje del concepto de cambio químico en el alumnado de secundaria. *Investigación en la escuela*, 38, 65-75.
- Solbes, J., Ruíz, JJ. y Furió, C. (2010). Debates y argumentación en las clases de física y química.

Alambique Didáctica de las Ciencias Experimentales, 63, 65-75.

Schummer, J. (2004). La Filosofía de la Química. La infancia hacia la madurez, 2, 1-22.

Talanquer, V. (2013). School Chemistry: The Need for Transgression. *Science & Education*, 22, 1757-1773.

Talanquer, V. (2020). «La progresión de los aprendizajes sobre la composición, estructura y transformación química de la materia». *Educación química*, 2020, Núm. 27, p. 4-11, <https://raco.cat/index.php/EduQ/article/view/383748>.

Toulmin, S., Rieke, T. & Janik, A. (1979). *An introduction to reasoning*. New York: Macmillan. Versión de Carlos Gutiérrez, C. Virtual Books. En: <http://www.geocities.com/prolenguaje/elemargumtoul.html>.

Velasco, N. , Gandolfo, N., y Buteler, L. (2021). La investigación basada en el diseño: una revisión en educación en física en Argentina. *Revista De Enseñanza De La Física*, 33, 629–635.

Zang, C., Giacosa, N. y Chrobak, R. (2019). El contenido científico en libros de textos: una revisión en revistas de acceso libre. *Latin. American. Journal. Physics. Education*, 2019, Vol. 13(3), pp 1-23.

Zohar, A. y Nemet, F. (2002). Fostering students' knowledge and argumentation skills through dilemmas in human genetics. *Journal of Research in Science Teaching*, 39, 35-62.