

Diseño, validación e implementación de una secuencia de enseñanza y aprendizaje para promover la argumentación científica en el estudio del calentamiento global

Miriam Satlov Vega

Pontificia Universidad Católica de Valparaíso
miriam.satlov@gmail.com

Resumen

Se presenta una secuencia didáctica para la enseñanza y apropiación de ideas clave sobre el cambio climático, en especial sobre el calentamiento global. Las actividades que se proponen tienen como principal objetivo que los estudiantes de tercer año de Educación Media planteen argumentos científicos, para lo cual se consideran cuatro niveles argumentativos. Además, se proponen de manera paralela cuatro niveles de dominio, a partir de las ideas previas revisadas en la literatura. Se diseña, valida e implementa una Secuencia de Enseñanza y Aprendizaje que está formada por ocho actividades, las cuales se enmarcan en un ciclo de aprendizaje socio-constructivista, en un contexto de clases sincrónicas y asincrónicas. Los resultados muestran que la SEA promueve la argumentación científica en los estudiantes respecto del calentamiento global.

Palabras clave: secuencia de enseñanza y aprendizaje; argumentación científica; niveles de dominio; calentamiento global; investigación basada en el diseño.

Introducción

La alfabetización científica como finalidad de la enseñanza de las ciencias, Macedo, Katzkowicz y Quintanilla (2006), declaran que este fin no ha sido del todo atendido para formar a los ciudadanos del siglo XXI. De hecho, plantean que pareciera ser que la sociedad se ha abocado en la promoción de una alfabetización científica funcional y tecnológica, caracterizada por el uso de un vocabulario con dichas cualidades solo en contextos y situaciones específicas, por ejemplo, al momento de definir un concepto en una evaluación escrita.

De lo anterior da cuenta el último informe PISA (Programa para la Evaluación Internacional de Estudiantes) llevado a cabo en el país en 2018. En él, se revela que aproximadamente un tercio (31,7%) de los estudiantes de 15 años no ha alcanzado las competencias científicas mínimas (Nivel 2). Si bien estos índices son menores que los obtenidos por el resto de los países hispanoamericanos es mayor en comparación al promedio que registran los demás Estados miembros de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (Mineduc, 2019a).

Por su parte, Vergara (2006, citado en Cofré et al., 2010), señala que difícilmente podemos

aspirar a niveles mayores de alfabetización científica, si gran parte de las clases de ciencia que se imparten en Chile a los estudiantes en Enseñanza Básica y Media resultan poco interactivas y están centradas en el profesor. Así, el foco sigue siendo la transmisión de conocimiento, por lo que el rol que desempeñan los estudiantes es más bien pasivo, lo que se contrapone con la formación de ciudadanos alfabetizados científicamente que puedan tomar decisiones en el contexto actual.

En cuanto a la alfabetización científica, también implica la alfabetización lingüística y digital, en la cual son fundamentales las competencias comunicativas en la sociedad llamada de la información, donde el lenguaje es primordial en el aprendizaje científico, a través del diálogo, la discusión en clase y los textos escritos (Quintanilla, 2014).

Debido a lo expuesto anteriormente, la presente investigación surge con respecto al diseño, validación e implementación de una Secuencia de Enseñanza y Aprendizaje (SEA) que promueva la argumentación científica respecto de las causas y consecuencias del calentamiento global, para estudiantes de tercer año medio de la asignatura de profundización de Química en estudiantes de tercer año medio de un colegio particular subvencionado.

Esta investigación se sitúa desde la Investigación Basada en el Diseño (DBR por sus siglas en inglés) desde una perspectiva socio-científica para la comprensión de las causas, consecuencias y acciones individuales para la mitigación del calentamiento global. Para el logro de este propósito, se revisan diferentes instrumentos curriculares e investigaciones sobre las formas que tienen los estudiantes de explicar aspectos referidos a este fenómeno. Así, se levanta un mapa de progreso, mediante el cual se diseña una SEA para la enseñanza y aprendizaje del calentamiento global, con un foco transversal en la promoción e instalación de habilidades argumentativas que les permitan alcanzar tales objetivos.

Marco de referencia

¿Qué nos dice el currículo sobre el calentamiento global?

Al hacer una revisión de las actividades sugeridas por parte del ministerio, desde 5° Básico a 2° Medio, se tiene que el concepto de calentamiento global es trabajo, por ejemplo, en el Eje de Biología de 1° Medio, pero sin abordar explícitamente causas antropogénicas respecto del aumento de la concentración de los gases de efecto invernadero ni cómo o por qué estas se relacionan con el aumento de la temperatura del de la Tierra. Asimismo, las actividades revisadas abordan desde una perspectiva más bien descriptiva y con definiciones, es decir, desde un plano más bien conceptual, pero sin incorporar en ellas ideas previas que puedan tener los estudiantes respecto a esta temática o trabajar la argumentación científica de manera explícita (Ver Anexo N°1).

¿Qué nos dicen los libros de textos sobre el calentamiento global?

Tal como plantean Marzábal e Izquierdo (2013), centrarse en el libro de texto permite estudiar su propuesta como materialización de un discurso didáctico, ya que la secuencia incluye un conjunto de contenidos estructurados con la intención de ser aprendidos, por lo

tanto, presenta una intención didáctica.

Para la selección de los textos a revisar, se escoge uno que se encuentra disponible en formato digital para el estudio de la Ecología y educación ambiental (L1), mientras que los dos textos restantes son los que actualmente se ocupan en el sistema educativo chileno en escuelas municipales y particulares subvencionadas por el Estado. El libro de texto del eje temático de Biología de 1° medio (L2), se selecciona porque aborda el cambio climático y desarrolla el concepto de calentamiento global, así como también el texto de la nueva asignatura de *Ciencias para la Ciudadanía* (L3), orientado a estudiantes de 3° y 4° medio (Tabla 1).

Tabla 1: Libros de textos seleccionados para su revisión.

ID	Nombre libro	Año	Editorial/ Universidad	Páginas
L1	Ecología y educación ambiental	2011	Universidad Autónoma de Sinaloa	113-120
L2	Biología 1° Medio	2019	Editorial Santillana del Pacífico S.A.	88-91
L3	Ciencias para la ciudadanía	2017	Editorial CPE.	138-170

Fuente: Elaboración propia

Para el análisis de los textos, se identifican *trampolines conceptuales* en función de una progresión de aprendizaje, entendida como secuencias posibles de aprendizaje para la instrucción (Talanquer, 2013). De esta forma, se proponen dimensiones (D), las cuales corresponden a un tema o subtítulo presentado en la temática revisada del *calentamiento global* en los tres textos, criterio con el cual fueron revisados los textos de la tabla anterior para observar el orden en el cual son planteados los conceptos a trabajar (ver Anexo N°2).

Si bien es cierto que cada docente elige una determinada secuenciación de los conceptos relativos a la temática a enseñar, en el caso del calentamiento global no se aprecia en ninguno de los tres textos un diseño en el cual se incorporen las ideas alternativas de los estudiantes. Tampoco se observa una articulación conceptual clara o una integración entre conceptos como cambio climático, calentamiento global y el efecto invernadero, lo cual puede llevar a una falta de comprensión de esta problemática socio-científica y, además, que las concepciones alternativas permanezcan en los estudiantes.

¿Cómo explican los estudiantes los conceptos de calentamiento global y efecto invernadero?

La importancia de identificar las concepciones alternativas, como plantean Campanario y Otero (2000), radica en que se sabe que los estudiantes mantienen un conjunto diverso de ideas previas sobre los contenidos científicos y se reconoce que estas son uno de los factores clave que deben tenerse en cuenta como condición necesaria (aunque no suficiente) para un aprendizaje significativo, lo cual tiene amplio consenso entre los investigadores.

En la Tabla 2 se exponen algunas conclusiones de investigaciones realizadas en torno a las ideas previas de estudiantes (de secundaria y universitarios) en relación con el calentamiento global y del efecto invernadero, tanto de causas como consecuencias que tienen respecto a estos conceptos.

Tabla 2: Concepciones alternativas de estudiantes respecto al calentamiento global y el efecto invernadero.

Autores	Descripción
Daniel, Stanisstreet y Boyes (2004)	<ul style="list-style-type: none"> • Enterrar basura en lugar de quemarla, reduciría el calentamiento global. • Los estudiantes relacionan como medida para reducir el calentamiento global, el hecho de proteger la capa de ozono.
Papadimitriou (2004)	<ul style="list-style-type: none"> • Respecto al cambio climático, expresan cierta certeza que este probablemente se encuentra en marcha. Esto implica que no son conscientes de las incertidumbres en torno al problema. • Relacionan incorrectamente el cambio climático con la contaminación del aire, la contaminación ambiental y la lluvia ácida. • Relacionan incorrectamente el cambio climático con el agujero de la capa de ozono.
Çelikler y Kara (2011)	<ul style="list-style-type: none"> • Si el efecto invernadero aumenta, beber agua (de la llave) se volverá inseguro para su consumo. • Más personas tendrían cáncer de piel debido al aumento del efecto invernadero. • El efecto invernadero empeora por el agujero de la capa de ozono.
Bozdoğan (2009)	<ul style="list-style-type: none"> • El calentamiento global es el aumento del dióxido de carbono en el aire como resultado de la destrucción de la capa de ozono. • El calentamiento global es el aumento de la temperatura de la Tierra por el agujero de la capa de ozono. • El calentamiento global es el agujero de la capa de ozono en la atmósfera, los rayos del sol se elevan del suelo a la atmósfera y forman una capa cálida. • Como resultado de las actividades de las personas, la capa de ozono se agota y los rayos dañinos llegan a la Tierra y aumenta la temperatura.
Conde et al. (2013)	<ul style="list-style-type: none"> • El 96,2 % considera que el tipo de radiación responsable del cambio climático es la radiación ultravioleta y no la infrarroja. • El 65,4% considera que el gas responsable de la capa de ozono es el dióxido de carbono, así como también que el adelgazamiento de dicha capa contribuye al cambio climático.

Fuente: Elaboración propia

El calentamiento global, un problema socio-científico

Los problemas socio-científicos son definidos por Sadler (2004) como temas sociales controvertidos, con conceptos y/o procedimientos ligados a la ciencia, que son abiertos o que no tienen soluciones claras; es más, tienden a tener múltiples soluciones plausibles. Estas soluciones pueden ser fundamentadas por principios científicos, teorías y datos, pero no pueden ser completamente determinadas por consideraciones científicas.

Estos problemas han sido descritos en la literatura por variados autores y aún sigue siendo un tema importante para considerar en la Enseñanza de las Ciencias. Por ejemplo, España y Prieto (2010) plantean que son un aspecto fundamental para alcanzar la alfabetización científica de la ciudadanía, lo cual es muy necesario en la sociedad del siglo XXI, pues estos problemas ponen de manifiesto factores importantes que intervienen en los procesos de

enseñanza y aprendizaje. Estos se deben abordar desde aspectos morales y afectivos, pero también desde la naturaleza de la ciencia, el razonamiento y la argumentación.

Además, utilizar este tipo de temáticas socio-científicas en el aula puede resultar como un contexto adecuado para contribuir a formar ciudadanos conscientes de los riesgos globales, y prepararlos para tomar decisiones responsables, a partir de determinados conocimientos científicos, junto a consideraciones éticas y morales (España y Prieto, 2009).

La importancia de la argumentación científica para el aprendizaje de las ciencias

De acuerdo con la organización de asignaturas por área del Plan Diferenciado Humanista-Científico, los establecimientos educacionales deben ofrecer a los estudiantes de tercer o cuarto año de Enseñanza Media, asignaturas de profundización en áreas, una de las cuales corresponde a Matemáticas y Ciencias; en esta, una de ellas que se pueden ofertar a los estudiantes es *Química*. En su Programa de Estudios se plantean Objetivos de Aprendizaje, en cuanto a las habilidades, el OAe: “*construir, usar y comunicar argumentos científicos*” (Mineduc, 2019b) Sin embargo, no se plantea ni define cómo los docentes promuevan esta habilidad en la clase de Ciencias.

El concepto de *argumentación*, Jiménez y Díaz de Bustamante (2003) lo entienden como “*la capacidad de relacionar datos y conclusiones, poder evaluar enunciados teóricos a la luz de datos empíricos o procedentes de otras fuentes*”. Para Caamaño (2010, citado en García y García, 2011), la argumentación es una potente estrategia para la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias, ya que es un proceso fundamental que permite comprender conceptos, teorías y también para entender respecto a la naturaleza de las ciencias.

Por su parte, Sasseron y Carvalho (2008, en Gómez-Martínez et al., 2015) entienden la argumentación, acotado a la cultura escolar, como todo discurso donde alumnos y profesor presentan sus opiniones en el aula, describiendo ideas, presentando evidencias e hipótesis, justificando acciones o conclusiones a las que hayan llegado y explicando los resultados alcanzados. Entonces, se desprende que el lenguaje tiene gran relevancia en los procesos de enseñanza y aprendizaje de las ciencias, particularmente la argumentación (Ruiz et al., 2015).

Tal y como afirman Sánchez, González y García (2013), la argumentación es una forma de discurso, la cual debe ser apropiada por los estudiantes y debe ser enseñada explícitamente en la clase de ciencias. Por consiguiente, la alfabetización científica se consigue por medio de la lectura crítica de diferentes fuentes, la participación en debates y la argumentación. Además, es un pilar de la educación científica que permite el acceso a la alfabetización científica, debido a que la participación de los estudiantes en prácticas argumentativas les ayuda a entender cómo se genera el conocimiento científico, su justificación y su evaluación, así como su aplicabilidad para resolver problemas (Heng et al., 2014, en Montaña, 2020).

¿Qué modelo argumentativo se puede utilizar en la clase de ciencias?

En el estudio de argumentación en las clases de ciencias, en específico en investigación educativa, el modelo que ha resultado más fecundo corresponde al planteado por Toulmin (Pinochet, 2015). Por lo tanto, los profesores deben generar instancias en las cuales se promueva la argumentación, debido al importante rol que cumple en el aprendizaje de conceptos científicos (Driver y Newton, en Sardà y Sanmartí, 2000).

Sin embargo, para Toulmin (en Pinochet, 2015), la estructura de un argumento consiste en al menos tres componentes esenciales: datos, conclusión y garantía. Esto supone un modelo más acotado, pero teniendo la suficiencia necesaria en cuanto a la estructura del argumento. Así, la garantía se puede entender como la justificación y fundamentación propuestas, sin hacer una distinción específica de sus partes, pero que justifican las conexiones entre los datos y la conclusión planteada, lo cual puede representarse en la Figura 1:



Figura 1: Esquema del texto argumentativo esencial según Toulmin (en Pinochet, 2015)

En tanto, Aragón (2007) reafirma el modelo anterior, al señalar que la *argumentación científica* consta de varias fases, aunque el número de éstas y su estructura puede variar mucho de una argumentación a otra. En general, se pueden distinguir tres:

- La presentación de datos o hechos.
- La conclusión o tesis que se defiende.
- La justificación o elaboración de razones o argumentos que se proponen para conectar los hechos iniciales con la conclusión. Por ende, justificar una tesis depende de las circunstancias en las cuales se realiza la argumentación, ya que deben fundamentarse sobre la base de leyes y modelos científicos y las relaciones Ciencia, Tecnología y Sociedad.

De acuerdo con lo investigado por Duschl & Osborne (2002), las condiciones para apoyar la argumentación dependen del uso de evidencia en el proceso de construcción y evaluación de explicaciones, en particular, requiere la elaboración de un argumento que relacione modelos o teorías a un cuerpo de evidencia disponible.

Albe & Gombert (2012) señalan que las intervenciones específicas en el aula sobre problemas socio-científicos podría permitir prácticas de argumentación en un aula y ser fructífero para alentar a los estudiantes a participar como ciudadanos en las decisiones sobre cuestiones de este tipo. Por lo tanto, abordar el calentamiento global como una problemática socio-científica, permite involucrar a los estudiantes para desenvolverse, de manera informada, en la sociedad.

Mendonça y Justi (en Gilbert & Justi, 2016) asumen que cada una de las habilidades

inherentes en el acto de argumentar, - descritas por Kuhn- son: *tratar con la evidencia, argumentar; contraargumentar; producir teorías alternativas y refutar-*, involucra una serie de habilidades. Sin embargo, trabajar con todas en una primera instancia, puede resultar complejo para un acercamiento inicial a la producción de argumentos científicos en la clase de química, por lo que se seleccionan las dos primeras habilidades y algunos desempeños que permiten promoverlas (Tabla 3).

Tabla 3. Habilidades argumentativas y sus desempeños

Habilidad	Desempeño
Tratar con la evidencia	<ul style="list-style-type: none"> - Identificar hechos, observaciones, señales o datos que pueden ser utilizados en un contexto dado. - Seleccionar la evidencia más relevante (es decir, aquella que es específica, adecuada y fiable) para un propósito dado.
Argumentar	<ul style="list-style-type: none"> - Proponer justificaciones a partir de relaciones claras entre la evidencia y la conclusión (tesis). - Apoyar las justificaciones - Usar lenguaje (verbal o no verbal) científico apropiado en la expresión del argumento.

Fuente: Justi, 2015 (en Glibert & Justi, 2016).

Las habilidades seleccionadas son promovidas en las actividades diseñadas en la SEA, para poder trabajar explícitamente la elaboración de un argumento que contiene datos, garantía y la conclusión, donde se espera que identifiquen y seleccionen evidencia y que propongan justificaciones que apoyen la conclusión, además de ser coherentes con los datos.

Por otra parte, para poder analizar la estructura de los argumentos sus características se proponen tres niveles argumentativos, tomando como base la triada para la construcción del argumento científico: conclusión, datos y evidencia (Osborne, Erduran y Simon, 2004 en Von Aufschnaiter et al., 2007 (ver Tabla 4).

Tabla 4: Niveles de argumentación (adaptado de Osborne, Erduran y Simon, 2004 en Von Aufschnaiter et al., 2007).

Nivel	Descripción
1	Los argumentos corresponden a argumentos que son una conclusión contra otra. Se describen vivencias simples, sin utilización de datos ni garantías.
2	Argumentos que contienen una conclusión que está respaldada en datos, pero no se explican las garantías. Los datos proporcionados no se encuentran respaldados o no se explicita su fuente de información.
3	Los argumentos contienen en su estructura conclusión, datos y garantías, pero no es observable una coherencia (explícita o implícita) entre los tres elementos del argumento. Los datos proporcionados no se encuentran respaldados o no se explicita su fuente de información.
4	Los argumentos contienen la conclusión, los datos y las garantías mediante relaciones lógicas y coherentes. Los datos proporcionados se plantean como una evidencia que respalda y justifica de manera explícita la conclusión.

Diseño de niveles de dominio y secuencia de enseñanza y aprendizaje para la enseñanza del calentamiento global

La selección y secuenciación de actividades es una decisión que los profesores deben realizar al momento de plantear la enseñanza y aprendizaje de los contenidos, habilidades y actitudes a trabajar en el aula. De esta forma, Sanmartí (2000) señala que lo que se enseña y se aprende se realiza por medio de actividades, lo cual implica que los criterios para la selección y secuenciación de un diseño didáctico son muy importantes, ya que las actividades son las que posibilitan que el estudiante acceda a conocimientos que, por sí mismo, no podría llegar a representarse.

Por ende, no es una actividad concreta la que permite aprender, sino el proceso diseñado, esto es, el conjunto de actividades organizadas y secuenciadas que posibilitan un flujo de interacciones con y entre el alumnado, así como entre el alumnado y el profesorado (ver Figura 2).

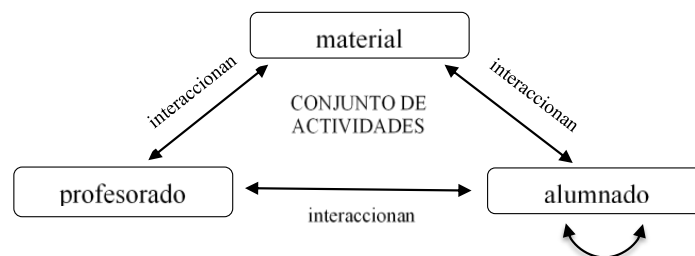


Figura 2. Interacciones que se promueven al realizar actividades (Sanmartí, 2000).

Para el proceso de enseñanza y aprendizaje, Couso (2011) señala que en la unidad didáctica, secuencia didáctica o secuencia de enseñanza y aprendizaje (SEA) corresponde no sólo a un documento de planificación de estas situaciones, correspondientes a un contenido concreto, sino que incluye respuestas a qué contenidos, en qué contextos, con qué objetivos, en qué orden y de qué forma se llevarán a cabo y se evaluarán cada una de las actividades incluidas.

Por lo tanto, el ciclo de aprendizaje constructivista planteado por Jorba y Sanmartí (1996) es en el cual se baja el diseño de la SEA, el cual considera cuatro fases: exploración, introducción de nuevos conceptos, estructuración (síntesis) y aplicación.

El ciclo inicia con la **fase de exploración**, la cual permite situar al estudiante en la temática que se va a estudiar, teniendo como propósitos tanto captar su atención como diagnosticar y activar sus conocimientos previos, posibles dificultades, obstáculos cognitivos, entre otros.

Siguiendo con el ciclo, la **fase de introducción** incorpora actividades orientadas a favorecer la identificación de nuevos puntos de vista, en relación con los temas que son objeto de estudio, formas de resolver los problemas o tareas planteadas, características que le permitan definir los conceptos, relaciones entre conocimientos anteriores y los nuevos, etc. De esta forma, se consideran adecuadas para esta fase del aprendizaje, aquellas que favorecen la confrontación entre diversos modos de observar los fenómenos y de pensar sobre ellos, que

posibilitan la reorganización de las experiencias y de las explicaciones dadas por los estudiantes.

La **fase de estructuración** (o de síntesis) pretende ayudar al estudiante a construir el conocimiento, proceso que está generalmente guiado por el profesor y siempre es consecuencia de la interacción con los compañeros. Sin embargo, la síntesis o ajuste es personal. Por lo tanto, se puede decir que se ha aprendido cuando se es capaz de reconocer y comunicar los modelos elaborados, utilizando los instrumentos formales utilizados en la disciplina de trabajo.

Por último, en la **fase de aplicación**, se deben ofrecer oportunidades para que los estudiantes apliquen sus concepciones revisadas a situaciones o contextos que sean distintos a la inicial, de manera de consolidar y reelaborar el aprendizaje en distintos contextos para conseguir que el aprendizaje sea significativo. En esta, también se puede propiciar que se planteen nuevas cuestiones sobre la temática estudiada, la utilización de distintos lenguajes para explicitar sus representaciones, entre otros.

¿Qué elementos contendría un mapa de progreso de aprendizaje y niveles de dominio sobre el calentamiento global?

Además, en la SEA diseñada se incorporan niveles de dominio, a partir de lo que propone Talanquer (2013) cuya finalidad es posibilitar el aprendizaje bajo formas de instrucción, de modo de sacar ventaja de los trampolines conceptuales que se identifican en cierta área, en este caso, referentes al calentamiento global.

En la Tabla 5, se describen cuatro niveles de dominio (ND) que son propuestos para el ciclo de aprendizaje, los cuales se sustentan a partir de las concepciones alternativas seleccionadas a abordar en la SEA. Con estos se busca que los estudiantes progresen hacia una comprensión del calentamiento global actual y la relación que tiene con el incremento de gases de efecto invernadero (GEI). De esta forma, se espera que los estudiantes puedan comprender y diferenciar los conceptos científicos abordados en las actividades diseñadas, así como promover en cada etapa del ciclo la habilidad de la argumentación científica.

Tabla 5. Niveles de dominio propuestos para el estudio del Calentamiento Global y su descripción.

Niveles de dominio (ND)	Descripción del nivel
ND1. <i>Cambio Climático</i>	En este dominio se pueden encontrar ideas respecto a los efectos del cambio climático como el aumento de la temperatura de la Tierra, el derretimiento de los casquetes polares; aparecer como consecuencias del cambio climático la sequía (o la desertificación), que el clima ha cambiado muchas veces en el pasado (y por eso no está relacionado con el actuar del ser humano). Se confunde o se utilizan como sinónimos calentamiento global y cambio climático.

ND2. <i>Calentamiento Global</i>	En este nivel pueden encontrarse ideas de los estudiantes tales como: el adelgazamiento de la capa de ozono es el responsable del calentamiento global; que el Sol emite más radiación a la Tierra que antes y por eso se genera el calentamiento global; que el calentamiento global es producido por el ser humano o que la quema de combustibles fósiles es el principal responsable.
ND3. <i>Efecto invernadero</i>	En este dominio se pueden encontrar en los estudiantes ideas en las que relacionan la quema de combustibles fósiles como causa del calentamiento global, pero no se identifican otros GEI. Los estudiantes pueden tener la concepción que el CO ₂ no es un gas necesario para la vida en nuestro planeta, desconociendo su rol en el Efecto Invernadero natural.
ND4. <i>Acciones antrópicas para reducir la huella de carbono (mitigación).</i>	En este nivel se puede considerar que el calentamiento global está en marcha y que es algo que se puede detener o “hacer más lento”, teniendo la idea que es algo zanjado y que no hay diversas opciones en función de las emisiones de CO ₂ asociados a un origen antrópico. Con esta visión, se desconocen los diferentes panoramas modelados en torno a la diferencia de aumento de la temperatura del planeta (1,5° vs 2°C), a partir del estudio del 2018 del IPCC.

Fuente: Elaboración propia.

En el diseño de la SEA, cada nivel de dominio (ND) se corresponde con cada una de las fases del ciclo de aprendizaje de Jorba y Sanmartí (1996), de modo de ir progresando, además, desde lo concreto hacia lo abstracto con los trampolines conceptuales descritos anteriormente, como se observa en la Figura 3.

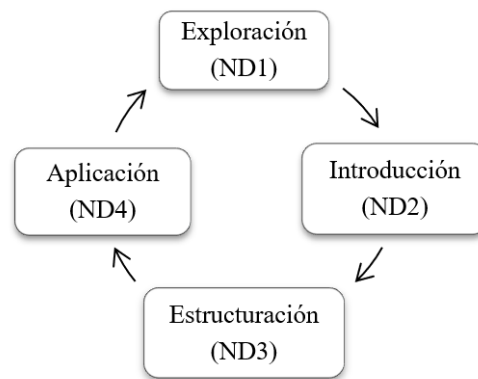


Figura 3. Fases del ciclo de aprendizaje y niveles de dominio del calentamiento global.

Además, de forma integrada, se promueve la argumentación científica con tres niveles argumentativos propuestos a desarrollar en las actividades diseñadas, de tal manera de poder progresar en las habilidades argumentativas conforme se avanza en la SEA (ver Anexo N°4).

Metodología

La siguiente investigación cualitativa se sitúa en el antecedente de que la argumentación científica es una habilidad poco trabajada o no se proponen criterios para abordarla en la clase de ciencias.

A partir de lo anterior es que surge la siguiente pregunta de investigación: *¿cómo la implementación de una secuencia de enseñanza y aprendizaje promueve la argumentación científica respecto del calentamiento global, en estudiantes de tercer año medio de la asignatura de profundización de Química?*

El supuesto que se plantea en la presente investigación es que el diseño, validación e implementación de una secuencia de enseñanza y aprendizaje, en la cual se incorporan niveles de dominio y argumentativos del calentamiento global, promueve la argumentación científica en estudiantes de tercer año medio en la asignatura de Química.

Lo anteriormente expuesto, lleva a plantear el siguiente objetivo general, así como los respectivos objetivos específicos que se desprenden de él:

Objetivo General

- Comprender la forma en que la implementación de una secuencia de enseñanza y aprendizaje promueve la argumentación científica respecto de causas y consecuencias del calentamiento global, en estudiantes de tercer año medio de la asignatura de Química.

Objetivos específicos

- Diseñar, validar e implementar una secuencia de enseñanza y aprendizaje que incorpore niveles de dominio del calentamiento global para promover la argumentación científica en los estudiantes.
- Analizar los niveles de dominio de las respuestas que proporcionan los estudiantes en las actividades de la secuencia de enseñanza y aprendizaje respecto del calentamiento global.
- Analizar los argumentos científicos que plantean los estudiantes en las actividades de la secuencia de enseñanza y aprendizaje respecto del calentamiento global.

La Investigación Basada en Diseño (Design-Based Research en inglés) es descrita por De Benito y Salinas, (2016) como un tipo de investigación orientada hacia la innovación educativa, que se ocupa de problemas reales que son identificados por los profesionales en la práctica y corresponde a un marco metodológico propio de la Didáctica de las Ciencias. A través del diseño y estudio sistemático de formas particulares de aprendizaje, estrategias y herramientas de enseñanza busca analizar en contexto, por lo cual las intervenciones educativas son representadas por materiales, profesores y estudiantes (DBRC, 2003). Por tanto, como diseñadores del currículum, los investigadores se involucran en sus contextos como expertos con el objetivo de crear, aplicar y refinar los diseños (Collinst et al., 2004, citado en Armstrong et al., 2018).

Según Plomp (2007), la IBD es un proceso de diseño con carácter cíclico, en el cual las actividades de análisis, diseño, evaluación y revisión se repiten hasta lograr un equilibrio satisfactorio entre lo "previsto" y la "realización". Para Molina et al. (2011), esta metodología

tiene una naturaleza principalmente cualitativa, la cual estudia el aprendizaje y la enseñanza e incluye otros campos como la antropología, psicología educativa, didácticas específicas, entre otros. En consecuencia, su flexibilidad permite utilizar diversas técnicas para la recolección de datos y su posterior análisis, lo cual lleva a los ajustes necesarios con la finalidad de refinar el proceso.

Mientras que cada investigador puede utilizar diferentes métodos, el modelo propuesto por Reeves (2000; 2006, citado en De Benito y Salinas, 2016) es muy representativo en cuanto a la estructura de la IBD. Así, se inicia analizando la situación y la definición del problema. Luego, las posibles soluciones se diseñan en base a un marco teórico de referencia, que es evaluado y revisado, que incide en la intervención. La siguiente fase corresponde a la implementación y a continuación la validación (recolección de datos), la cual se efectúa durante todo el proceso. De esta forma, se concreta el proceso de investigación mediante ciclos continuos que contemplan el diseño, validación, análisis y rediseño, lo que permite conducir las diferentes iteraciones hacia la mejora tanto del cuerpo teórico como del perfeccionamiento en cuanto a la intervención (Figura 4).

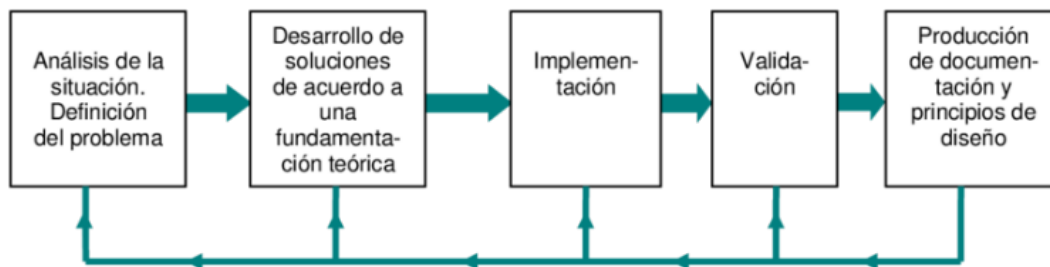


Figura 4. Proceso de la IBD (adaptado de Reeves, 2000 en de Benito y Salinas, 2016)

Por lo tanto, dado que el objetivo de la SEA es comprender cómo plantean argumentos científicos los estudiantes, la recolección de datos está supeditada a las interacciones que se den en el contexto de la clase virtual, debido al contexto de la actual pandemia.

Los datos dentro de este diseño investigativo corresponden a los argumentos científicos de los estudiantes, es decir, las respuestas escritas que proporcionen en las actividades de la SEA (si se evidencian y si son científicos o no), para lo cual se realiza un análisis de contenido con categorías definidas (niveles argumentativos) y emergentes (si se presentan).

En esta investigación, los estudiantes que eligieron la asignatura de profundización Química, la totalidad del curso corresponde a quince que cursan tercer año de Enseñanza Media en un colegio particular subvencionado de la ciudad de Viña del Mar.

En cuanto a la implementación de la SEA se llevó a cabo en modalidad virtual y, debido a las características de los estudiantes, algunos podían conectarse a todas las clases sincrónicas y enviar en los plazos acordados las actividades desarrolladas, mientras que otro número tenía una intermitencia en ambos casos. Las actividades fueron implementadas de manera individual y subidas en formato digital a una plataforma web, las que respondieron de manera asincrónica.

Cabe destacar que de los 15 estudiantes del curso, el 47% de los estudiantes respondió la totalidad de las actividades, un 33% entre cinco y siete, mientras que el 20% restante realizó cuatro o menos. Sin embargo, dada la crisis sanitaria por la actual pandemia, se toma como muestra a los siete estudiantes que respondieron la totalidad.

Los siete estudiantes corresponden a una mujer y seis hombres, sin embargo, las respuestas de cada uno se trabajaron de manera genérica, por lo que para individualizarlos, se codifican como Estudiante 1 (E1) a Estudiante 7 (E7) para las ocho actividades. En el ámbito de la investigación cualitativa, el dato está constituido por palabras escritas en un texto, las cuales dan lugar a un cuerpo, que en este caso, es fruto del documento que contiene las actividades de la SEA diseñada, validada e implementada. Esto corresponde al antecedente que se ha recogido y que permite comprender, mediante el análisis de las respuestas proporcionadas, la forma en la cual argumentan los estudiantes.

La validación externa de la SEA se realizó mediante modelo de evaluación respondiente de Stake (1967) y por pares y juicio experto. Para Bardin (2002, en Araneda, Parada y Vásquez, 2008), a través de la técnica de análisis del contenido, se puede ver la presencia o ausencia de determinadas características dadas en un fragmento de mensaje que se considera para el estudio, en este caso, las respuestas escritas de los estudiantes en las actividades. El contenido del análisis es el dato de campo recogido en la sala de clases, el cual se ordena y clasifica posteriormente en las categorías que corresponden a los niveles argumentativos y en los niveles de dominio propuestos.

En cuanto a la codificación de las respuestas escritas de los estudiantes se utilizan colores al momento de identificar los componentes de la estructura del argumento y posteriormente se clasifican en el respectivo nivel de argumentación (NdA), donde se realizó una selección de las preguntas que más permitiesen extraer información para su posterior análisis. Por otro lado, en cuanto a la codificación y categorización del nivel de dominio (ND) de las respuestas de los estudiantes en las actividades de la SEA, también se seleccionaron aquellas preguntas de cada actividad que más tributaran a su análisis, al igual que con el NdA.

Resultados y discusión

Los argumentos planteados por los estudiantes fueron codificados y categorizados según dos criterios, por un lado, el nivel de argumentación y por otro, el nivel de dominio en las actividades de la SEA. En el primer caso, se exponen los resultados en la figura 5, en el cual se expresan como porcentaje las respuestas de los estudiantes para cada una de las ocho actividades, clasificadas en los niveles de argumentación correspondientes.

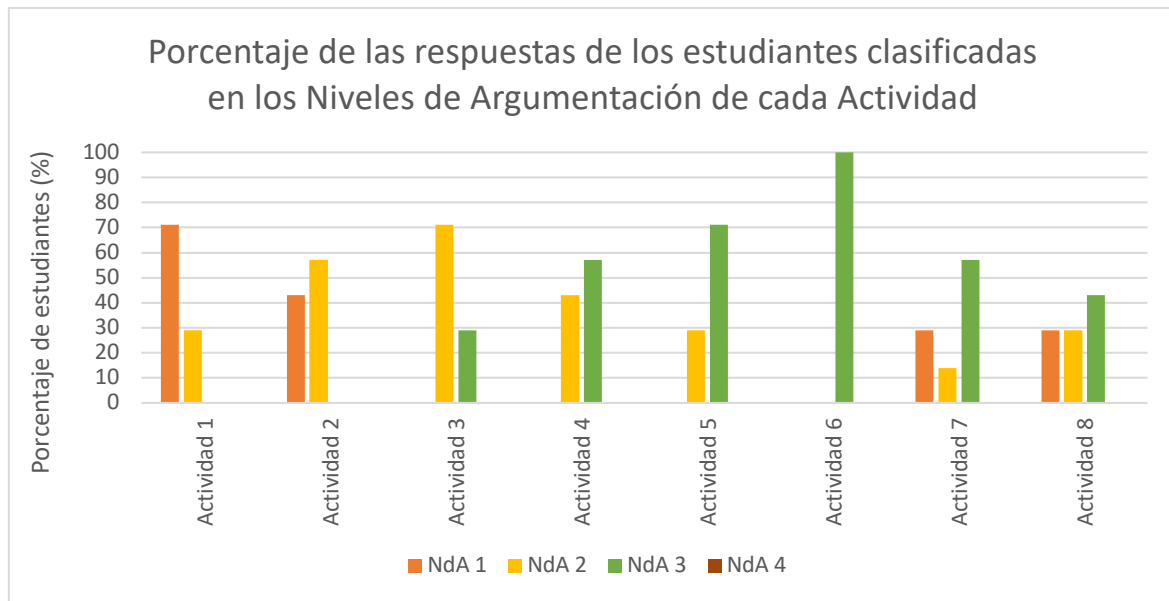


Figura 5. Respuestas de los estudiantes según niveles de argumentación

A partir del gráfico anterior se observa que en la Actividad 1, el 71% de las respuestas de los estudiantes se clasifican en el nivel de argumentación 1 (NdA 1), mientras que el 29% restante, se encuentra en el nivel de argumentación 2 (NdA 2).

A continuación se presenta como ejemplo de esta situación la respuesta proporcionada por el Estudiante 3 (E3) frente a la afirmación “dejar de quemar combustibles fósiles detiene el calentamiento global”:

[E3] “Sí y no, el daño ya está hecho y para que se cure pasaran muchos años, además la quema de combustibles fósiles no es la única causa del calentamiento global (conclusión)”.

Por otro lado, se clasifica en el nivel de argumentación 2 cuando un estudiante plantea una conclusión que se respalda en uno o más datos, los cuales no utilizan fuentes de información explícitas y no se observa la presencia de garantía, por ejemplo, en la siguiente respuesta:

[E5] “Esto supongo que es una verdad a medias, creo que estas medidas podrían ayudar bastante al momento de reducir el avance del calentamiento global (conclusión), pero aún quedarían factores como el excesivo uso de elementos fertilizantes o las masivas producciones de residuos a nivel internacional (dato)”.

En general, los argumentos planteados se presentan como datos, pero al no estar respaldados o que no cuentan con una fuente de información explícita, se clasifican como conclusiones contra conclusiones, correspondiente al nivel de argumentación 1.

Con respecto a la Actividad 2, la pregunta seleccionada para determinar el nivel de argumentación corresponde a su opinión respecto a un documental sobre el acceso al agua en Petorca, Región de Valparaíso, donde deben redactar un texto en el que opinen de la problemática social o medioambiental de las personas de la localidad. A diferencia de las respuestas de la primera actividad, disminuyen los estudiantes cuyos argumentos se clasifican en el nivel de argumentación 1, pues corresponde al 43%, mientras que el nivel de argumentación 2 aumenta a un 57%.

En la actividad 3, el 71% de los argumentos se encuentran en el nivel de argumentación 2, en tanto, el 29% restante están en el tercer nivel. Es decir, el primer nivel de argumentación no se observa en las respuestas, lo que sí había ocurrido en las actividades iniciales de la SEA. A continuación se expone un texto redactado por uno de los estudiantes para responder a la pregunta de qué relación puede establecer entre el aumento de la temperatura global del planeta y la variación del CO₂ y su justificación:

[E7] “El aumento de la producción de CO₂ por nuestra parte y el aumento de la temperatura a nivel global están estrechamente relacionados (conclusión), ya que el CO₂ es uno de los gases fundamentales para el efecto invernadero (dato) y es este efecto el que hace que la temperatura aumente en el planeta (garantía)”.

Para el texto anterior, la estructura del argumento tiene los tres componentes básicos, es decir, conclusión, dato y garantía, esta última busca dar una justificación a la conclusión que sostiene. Sin embargo, no presenta una fuente de información para el dato que expone como evidencia, motivo por el cual se clasifica en el nivel de argumentación 3.

Con respecto a la cuarta actividad de la SEA, se tiene que el nivel de argumentación 1 no se observa, el segundo nivel corresponde al 43%, mientras que el tercero alcanza el 57%, es decir, entre la actividad 3 y 4, hay una disminución del NdA 2 y un aumento del NdA 3.

Tampoco se observa, en la Actividad 5, respuestas de los estudiantes que se clasifiquen en el nivel argumentativo menor, se concentran al igual que en la anterior en el nivel de argumentación 2 con un 29% y nivel de argumentación 3 con el 57% restante. Así, la Actividad 6 es la única que presenta el 100% de argumentos clasificados en el mismo nivel, el cual corresponde, en este caso, al tercero (NdA 3).

No obstante, en las últimas dos actividades, es decir, la siete y la ocho, las respuestas se clasifican en el NdA 1 y NdA 2, con un 29% cada uno, en tanto que el nivel de argumentación 3 corresponde al 42% de las respuestas restantes.

Por otra parte, los niveles de dominio (ND) corresponden al otro criterio utilizado en la investigación, definidos con anterioridad. A diferencia del nivel de argumentación, en este caso se pueden clasificar más de un nivel de dominio en las respuestas de los estudiantes para cada actividad. Debido a esto se presentan los resultados la presencia de los ND de cada estudiante en las actividades.

En la primera actividad, la pregunta seleccionada para clasificar el nivel de dominio busca levantar ideas respecto al cambio climático, sus causas o consecuencias, es decir, se sitúa en obtener respuestas orientadas, al menos, al primer nivel de dominio (ND 1), lo cual se condice con las respuestas obtenidas y que se presentan en la figura 6.

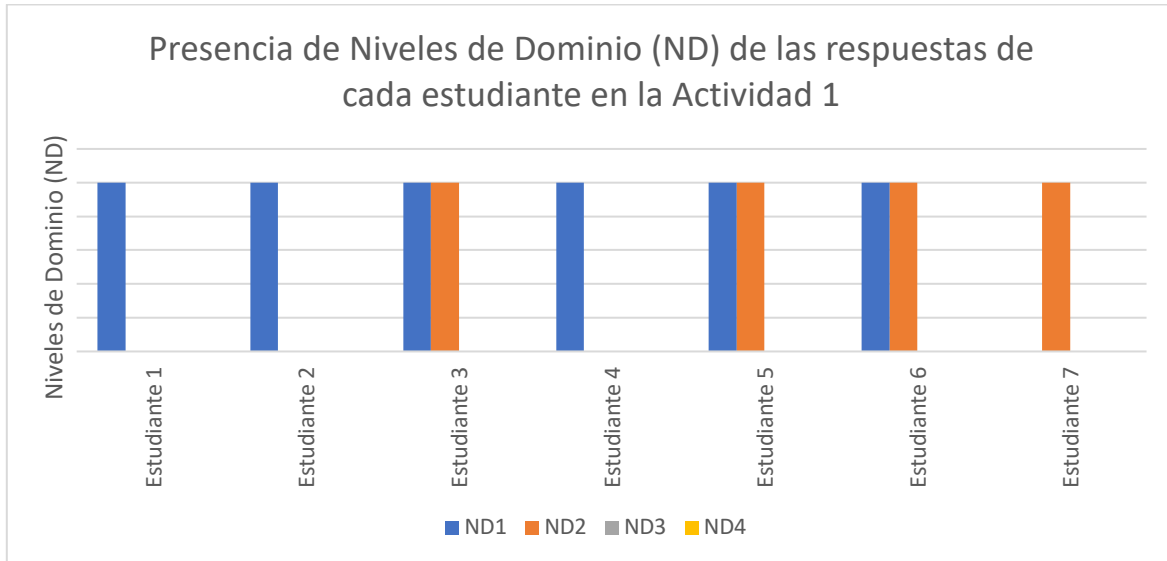


Figura 6. Presencia de niveles de dominio.

Se tiene que el 86% del total de respuestas de los estudiantes contiene alguna descripción que se asocia al nivel de dominio 1 (ND1). Por su parte, el 50% de las respuestas contienen al menos una característica que la clasifican en el ND2 y no se observan presencia de los ND3 ni ND4.

En el caso de la Actividad 2, no presenta gráfico de las respuestas obtenidas, dado que no se pudieron clasificar con ninguno de los niveles de dominio. A modo de ejemplo, se presenta lo que respondió el Estudiante 6 (E6):

[E6] *“Es lamentable lo que las personas de la localidad de Petorca están viviendo, por la falta de agua, que es totalmente absorbida por la producción de la palta, además que tampoco tienen el apoyo del gobierno que ampara esta situación, donde el que tiene más poder y dinero es el que tiene derecho hasta de robar el agua sin considerar, el daño medioambiental ni la necesidad de la ciudadanía (...)”*.

Por un lado, en el texto anterior no se pueden identificar características que permita clasificarla en alguno de los niveles de dominio propuestos, ya que no se plantea de forma explícita ni implícita que los problemas del agua se relacionen con la larga sequía que se mantiene en esta zona y que puede ser explicado por el cambio climático.

En cuanto a la Actividad 3 se diseñó en función del levantamiento de ideas previas que se asocian al nivel de dominio 2 (ND2), lo cual no impide que también puedan aparecer de otros niveles, tal como se observa en el Gráfico 3, ya que se encuentran respuestas del ND1, ND2

y ND3. El 86% proporciona en su respuesta al menos un concepto que permite clasificarlo en el ND2.

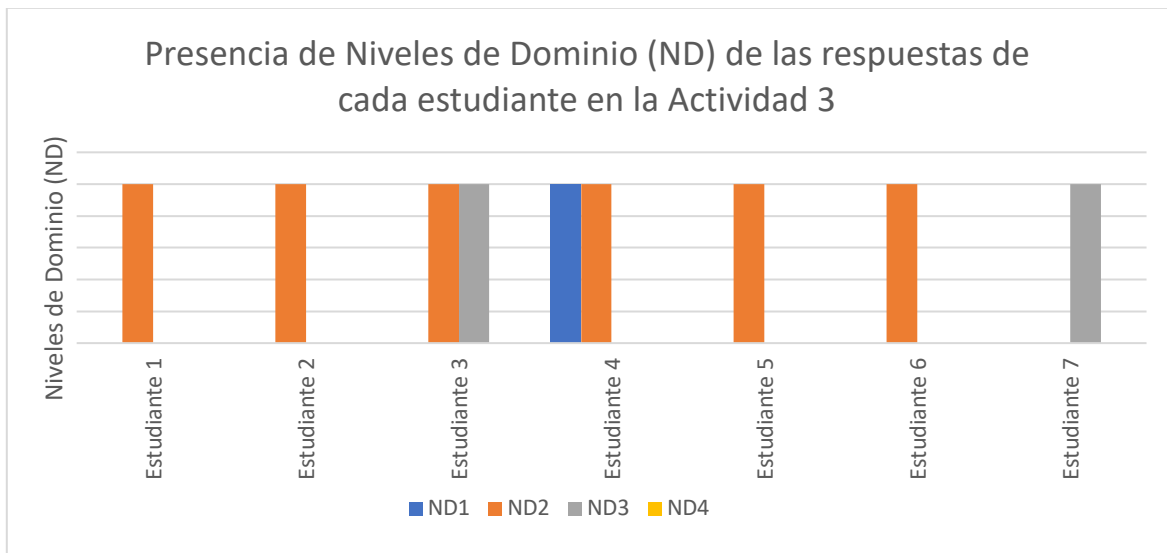


Figura 7. Presencia de niveles de dominio en actividad

Por otro lado, en la Actividad 4 se presentan en las respuestas de los estudiantes diversos niveles de dominio, a pesar de que la intencionalidad estuviese centrada en el nivel de dominio 2 (ND2); al igual que en las actividades anteriores, también el 86% de las respuestas se encuentran en dicho nivel. Además, el 71% tiene en sus respuestas dos o más ND (ver Figura 8), a diferencia de la primera actividad, las cuales tenían solo uno o dos.

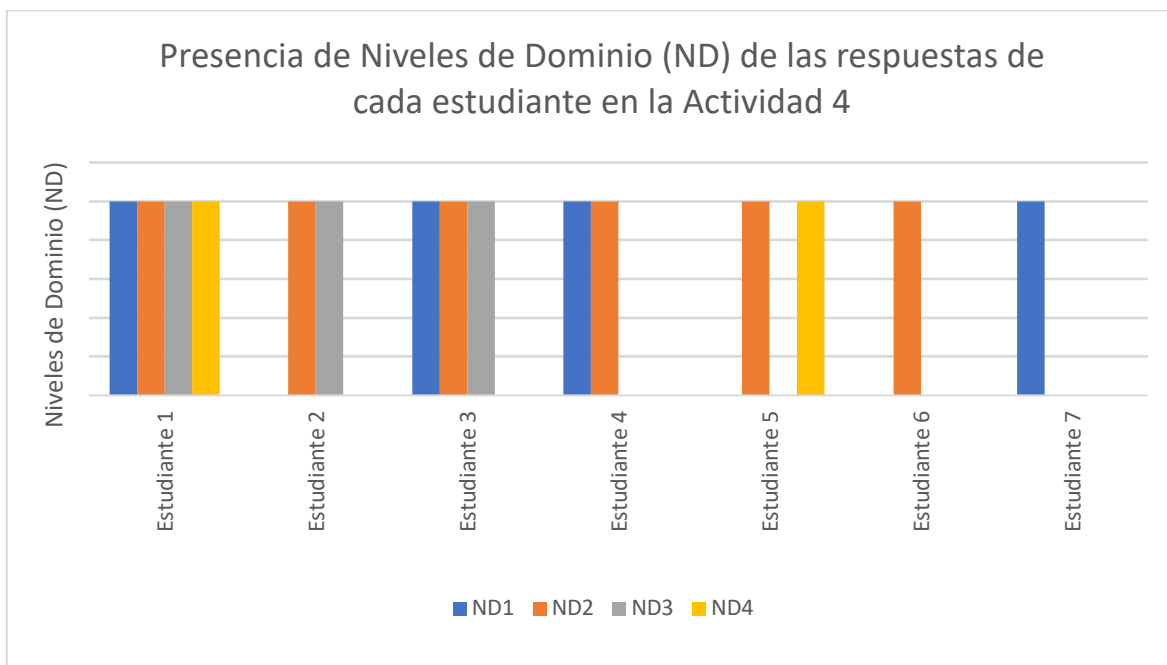


Figura 8. Presencia de niveles de dominio en actividad

En relación con lo anterior, el Estudiante 1 redacta un argumento en el cual es posible identificar los cuatro niveles de dominio, utilizando conceptos científicos en su redacción, así como también la aparición del ND4, ya que considera que el aumento global de la temperatura del planeta es una situación potencialmente reversible, indicando que algunas acciones diarias como preferir el uso de la bicicleta por sobre vehículos motorizados o disminuir el consumo de carne, lo cual puede considerarse en el ámbito de la mitigación.

En la Actividad 5, el 100% de los estudiantes presenta dos o más niveles de dominio en sus argumentos y se incrementa el número de respuestas donde se tienen tres o más ND, en particular, el 71%, que a su vez, también corresponde al porcentaje que presentan conceptos asociados al ND3, como se observa en el figura 9.

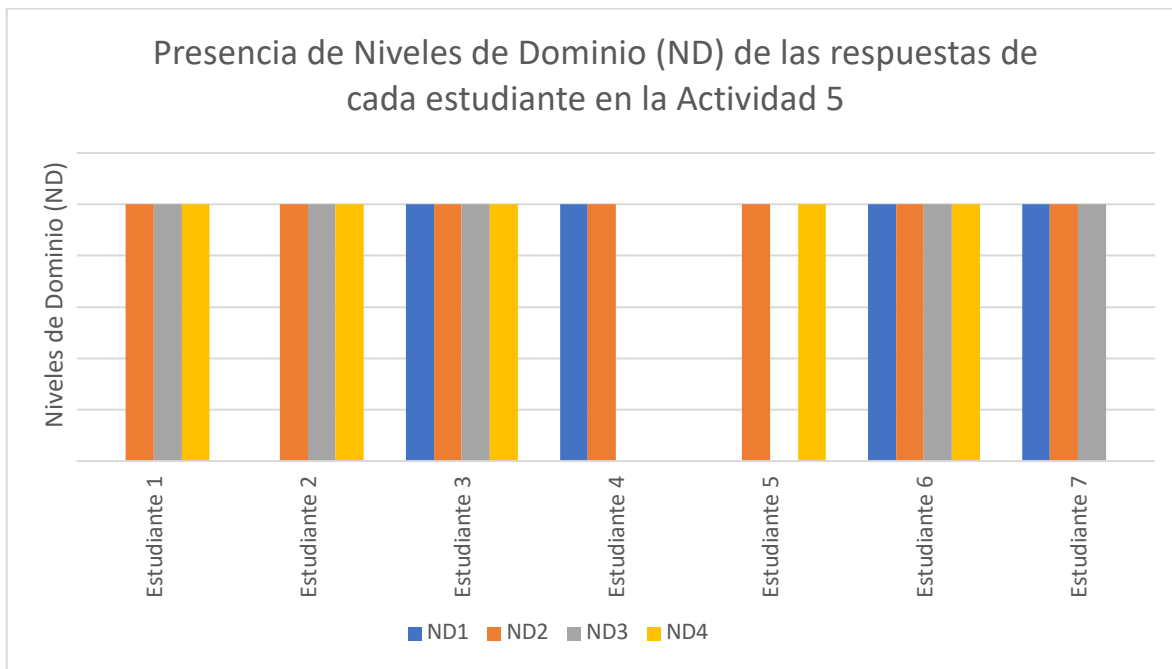


Figura 9. Presencia de niveles de dominio en actividad

Todos los estudiantes escribieron un argumento en el cual había presencia de solo un nivel de dominio en la sexta actividad, que al igual que la anterior se orienta en el ND3. En concreto, el 86% responde en este nivel y el 14% se clasifica en el ND2 (ver figura 10). No obstante, en contraposición a lo que había ocurrido en las actividades anteriores, en esta no se observa presencia diversificada de niveles de dominio en las respuestas.

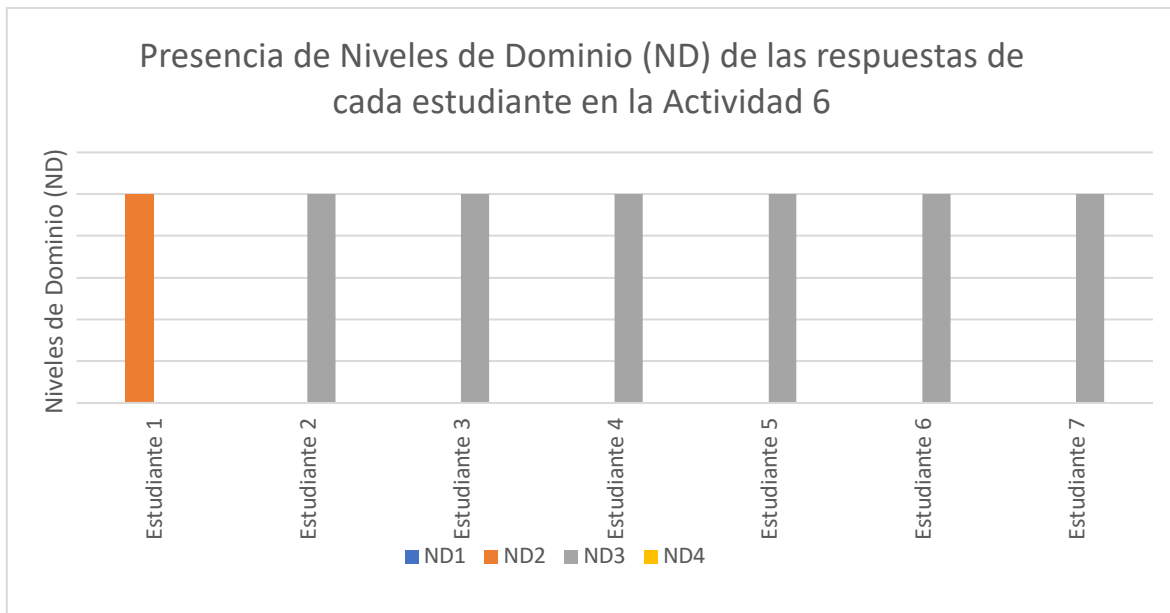


Figura 10. Presencia de niveles de dominio en actividad

Se observa en el Gráfico 7 que solo hay un nivel de dominio, en este caso, el ND2 del total de respuestas de la Actividad 7. Sin embargo, no fue posible clasificar la respuesta del Estudiante 7 (E7) en ninguno de los cuatro niveles de dominio propuestos para la pregunta formulada si escogerían viajar en auto o en avión hacia Puerto Montt y cuál es el argumento que plantean al respecto.

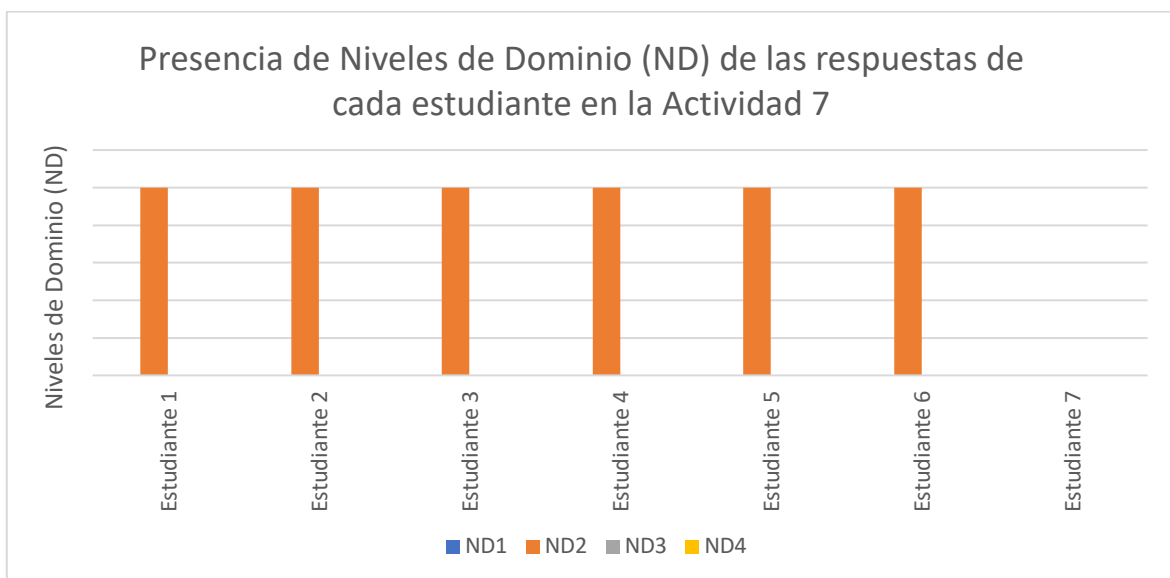


Figura 11. Presencia de niveles de dominio en actividad

Por último, en cuanto a las respuestas proporcionadas para la actividad final, cuya intencionalidad está puesta en el ND4, los resultados obtenidos muestran que el 100% incorporan conceptos de este nivel de dominio, aunque solo el Estudiante 1 presenta en la

redacción de su argumento conceptos asociados a los cuatro niveles (ver figura 11).

Por lo tanto, de los datos expuestos anteriormente, cabe destacar que, en cuanto al nivel de argumentación, al inicio de la actividad no se encontraban respuestas en el tercer nivel, lo cual cambia a medida que se implementan el resto de las actividades, pues desde la tercera y hasta la octava, hay presencia de él, lo cual puede ser una consecuencia de la explicitación de la forma en que se elabora un argumento científico y de sus componentes y relaciones en la estructura básica descrita por Pinochet (2015).

Desde la Actividad 3 se explicitó a los estudiantes que los textos tenían que estar presentados como un argumento científico, ya que desde esta hasta la Actividad 6 no se observa la presencia del NdA 1 y sí del segundo y tercer nivel de argumentación. Sin embargo, vuelve a aparecer el primer nivel en las dos actividades finales, lo cual puede responder al tipo de preguntas. Sin embargo, el hecho de que la totalidad de las respuestas de los estudiantes estuviese clasificada en el tercer nivel de argumentación en la Actividad 6 y después nuevamente aparecieran los NdA 1 y NdA 2 en las Actividades 7 y 8, puede ser explicado por el tipo de preguntas realizadas o por su enfoque, lo cual supone una revisión para una nueva implementación.

Por otra parte, se debe abordar la importancia del uso de fuentes de información confiables y que estén explicitadas es una modificación que debe incorporarse en una nueva implementación de la SEA, siendo esta una de las razones por las cuales se puede explicar por qué en ninguna de las actividades se obtuvo alguna respuesta clasificada en el nivel de argumentación 4.

A su vez, en relación con los niveles de dominio, a medida que transcurre la implementación de la SEA, se pueden identificar dos o más de estos en las siguientes actividades y, al trabajar con las ideas previas en forma de conceptos científicos respecto a la temática del cambio climático y calentamiento global, es posible ver la incorporación de estos en sus argumentos. Sin embargo, también cabe señalar que la presencia de los niveles de dominio en los textos no implica que se estén utilizando de manera adecuada desde el punto de vista del contenido.

Por ejemplo, el texto escrito por el Estudiante 2, no hace alusión directa al efecto invernadero, pero relaciona el incremento de gases derivados desde la revolución industrial con el aumento de la temperatura del planeta: “*la presencia de gases en la atmosfera que en concentraciones normales son los que han permitido el desarrollo de la vida en la Tierra*”. Si bien no indica cómo se produce, se clasifica el fragmento anterior como una respuesta del ND3, pero esto no implica que esté con un manejo exento de ideas previas, lo cual es posible de observar en otra actividad.

De hecho, en la Actividad 6, identifica que el N_2 y el O_2 no tienen actividad en el espectro de radiación IR, por lo que una atmósfera solo constituida por estos dos gases “*no son tan receptoras de emisiones de radiación*”, y que no sería lo mejor para la “*mantención del calor*”. No obstante, su respuesta se clasifica en el ND3, a pesar de que se identifican dificultades para la comprensión del efecto invernadero y sus causas.

Conclusiones

En función de los resultados y de las discusiones planteadas, la enseñanza del calentamiento global se puede abordar como una problemática socio-científica, así como también se puede promover la habilidad de la argumentación científica, de manera de favorecer tanto la comprensión del fenómeno como a la contribución del desarrollo del pensamiento científico.

Además, los resultados en las actividades respecto de los niveles de dominio se condicen con lo que plantea la literatura respecto a que las concepciones alternativas son estables en los estudiantes, por lo que hay que hacer más énfasis para que generen un conocimiento científico apropiado al nivel. Por ejemplo, a pesar de haber trabajado durante la implementación de la SEA que el adelgazamiento de la capa de ozono no tiene relación directa con el calentamiento global, es una idea que no es del todo superada, a pesar de la utilización de un simulador para trabajar este aspecto.

Tal vez que la secuencia de enseñanza y aprendizaje estuviese diseñada para realizarse de manera individual, no permitió que se dieran espacios para la discusión de las actividades, lo que queda de manifiesto en los resultados de las últimas actividades. Como señalan Jiménez Aleixandre y Bustamante (2003), en el aula de ciencias y en general en la enseñanza la expresión oral es determinante y no solo quedarse con los aspectos escritos que fueron evaluados en esta investigación, es decir, es un aspecto para incorporar en el diseño de una futura implementación de la SEA.

A modo general, se puede establecer que los estudiantes comenzaron de una manera similar en cuanto a los dos criterios de análisis, esto es, nivel de dominio y nivel de argumentación, pero algunos de ellos lograron avanzar hacia la utilización de conceptos científicos y de una estructura argumentativa conforme avanzaba la implementación. En las actividades 6 y 7 los estudiantes respondieron de manera bastante homogénea y acorde a lo que se esperaba (en cuanto al diseño), pero no así en la presencia de, por ejemplo, varios niveles de dominio. Esto quizás pueda modificarse para que sea una sola gran pregunta la que deban responder y movilizar los conocimientos científicos pertinentes para formular los argumentos.

Por último, se puede establecer al menos una tendencia hacia un mayor desarrollo del nivel de argumentación en la medida que las respuestas de los estudiantes incorporan más conceptos de los cuatro niveles de dominio con los cuales se analizaron, que es posible observar si se comparan los resultados de las actividades 4 y 5, para lo cual se hace necesario poder aplicar en diferentes cursos y en distintos contextos, de modo que el contenido sea diferente y también poder extraer conclusiones al respecto.

Limitaciones del estudio

La presente investigación fue diseñada, en primera instancia, para su implementación en modalidad presencial, lo cual fue cambiado y rediseñado a un formato virtual, dadas las actuales condiciones sanitarias. Por ende, una limitante del estudio es que no se analizaron las respuestas de todos los estudiantes, sino solo de aquellos que pudieron realizar las ocho

actividades, de modo de poder realizar el análisis con la misma cantidad de estudiantes.

En este formato virtual, aquellos estudiantes que no tenían acceso a internet y a un dispositivo que les permitiese realizar las actividades (por ejemplo, el simulador de la actividad 6) tuvieron dificultad en entregar el total de actividades. Si bien se pensó en imprimir las actividades y hacerlas llegar a aquellos estudiantes sin acceso a la plataforma web donde se subieron las actividades, la dificultad mayor radicaba en que las explicaciones y la mediación del instrumento se realizaron de manera virtual, por lo que el instrumento por sí solo podía afectar el análisis de los resultados obtenidos.

Proyecciones

Por ende, en una siguiente implementación, se deben incorporar estos aspectos en las actividades, incluso en el contexto de estudio en modalidad no presencial, siendo un elemento central espacios de debate entre los estudiantes, de modo de fomentar el proceso de formulación argumentos científicos en el aula. Asimismo, esto puede fortalecer la educación científica que se enfoca en cómo se usa la evidencia para construir explicaciones, donde las prácticas argumentativas orales y escritas deben alentarse y estimularse en el aula de Ciencias (Molina, 2012).

Sin embargo, el hecho que más de la mitad de los estudiantes no pudiesen participar tanto de las clases virtuales sincrónicas como del posterior desarrollo de las actividades es algo a mejorar en miras a las clases híbridas que están siendo implementadas en la actualidad. Para poder subsanar en parte esta situación en la posteridad, se pueden adjuntar videos para aquellos estudiantes que no podían acceder de manera sincrónica a la clase, a modo de cápsulas, así como también de foros virtuales.

También es crucial poder incorporar el contraargumento, como señala Larraín (2009) en el proceso de la elaboración de un argumento, pues fuerza a la persona a mirar su punto de vista desde otro alternativo que es articulado de forma explícita, con la finalidad de defenderlo o llegar a un consenso. De esta forma, un debate y un trabajo interdisciplinar con profesores de Lenguaje, Filosofía, Educación Cívica, entre otros, se pueden generar instancias donde el contenido científico, como lo es el del calentamiento global, sea utilizado en un contexto que se nutra de estas y otras disciplinas, de manera de poder aportar en la formación de los estudiantes de manera integral y como ciudadanos críticos.

Agradecimientos

Los estudios conducentes a la obtención del grado académico de Magister en Didáctica de las Ciencias Experimentales contaron con el financiamiento de la Beca de Magister Nacional para Profesionales de la Educación, del Programa de Formación de Capital Humano Avanzado de Conicyt.

Bibliografía

- Albe, V., & Gombert, M.-J. (2012). Students' communication, argumentation and knowledge in a citizens' conference on global warming. *Cultural Studies of Science Education*, 7(3), 659–681.
- Aragón, M. (2007). Las ciencias experimentales y la enseñanza bilingüe. *Revista Eureka sobre*

- Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, 4(1), 152-175.
- Araneda, A., Parada, M., & Vásquez, A. (2008). *Investigación cualitativa en educación y pedagogía*. Concepción, Chile: Universidad Católica de la Santísima Concepción.
- Armstrong, M., Dopp, C., & Welsh, J. (2018). Design-Based Research. In R. Kimmons & scaskurlu (Eds.), *The Students' Guide to Learning Design and Research*. EdTech Books.
- Bozdoğan, A. (2009). An Investigation on Turkish Prospective Primary School Teacher's Perceptions about Global Warming. *World Applied Sciences Journal*, 7 (1), 43-48.
- Campanario, Juan & Otero, Jose. (2000). Más allá de las ideas previas como dificultades de aprendizaje: Las pautas de pensamiento, las concepciones epistemológicas y las estrategias metacognitivas de los alumnos de ciencias. *Enseñanza de las Ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 18 (2), 155-169.
- Çeliker, Di. y Kara, F. (2011). Determining the misconceptions of pre-service chemistry and biology teachers about the greenhouse effect. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 15, 2463-2470.
- Cofré, H., Camacho, J., Galaz, A., Jiménez, J., Santibáñez, D. & Vergara, C. (2010). La Educación Científica en Chile: Debilidades de la Enseñanza y futuros desafíos de la educación de profesores de ciencia. *Estudios Pedagógicos*, XXXVI (2), 279-293.
- Conde, M.; Sierra, S.; Sánchez, J. y Ruiz, C. (2013). Ideas alternativas sobre cambio climático, adelgazamiento de la capa de ozono y lluvia ácida de un grupo de alumnos de centros de enseñanza permanente de adultos. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*. N° Extra 0, 796-802.
- Couso, D. (2011). *Las secuencias didácticas en la enseñanza y aprendizaje de las ciencias: modelos para su diseño y validación*. En A. Caamaño (Coord.). *Didáctica de la física y química*. Graó.
- Design-Based Researc. (2003). An Emerging Paradigm for Educational Inquiry. *Educational Researcher*, 32(1), 5–8.
- Daniel, B.; M. Stanisstreet, E. y Boyes. (2004). How can we best reduce global warming? School students' ideas and misconceptions. *International Journal of Environmental Studies*, 61 (2), 211–222.
- De Benito, B.; Salinas, J. M. (2016). La Investigación Basada en Diseño en Tecnología Educativa. *Revista Interuniversitaria de Investigación En Tecnología Educativa*, (0), 44-59.
- Duschl, R. A., & Osborne, J. (2002). Supporting and Promoting Argumentation Discourse in Science Education. *Studies in Science Education*, 38(1), 39–72.
- España, E. y Prieto, T. (2009). Educar para la sostenibilidad: el contexto de los problemas socio-científicos. *Revista Eureka Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 6(3), pp. 345-354.
- España, E. y Prieto, T. (2010). Problemas socio-científicos y enseñanza-aprendizaje de las ciencias. *Investigación en la Escuela*, 71, 17-24.
- García Gómez, J. y García Ferrandis, I. (2011). Algunas estrategias para la argumentación en educación ambiental. *Edetania: estudios y propuestas socio-educativas*, (40), 15-31.
- Gilbert, J. K., & Justi, R. (2016). *Modelling-based Teaching in Science Education*. Springer Publishing.
- Gómez-Martínez, Y., Carvalho, A. y Sasserón, L. (2015). Catalizar la Alfabetización Científica. Una vía desde la articulación entre Enseñanza por Investigación y Argumentación Científica. *Revista de Enseñanza de la Física*, 27, 19-27.
- Jiménez, M. y Díaz de Bustamante, J. (2003). Discurso de aula y argumentación en la clase de ciencias: cuestiones teóricas y metodológicas. *Enseñanza de las Ciencias*, 21 (3), 359-370.
- Jorba, J. y Sanmartí, N. (1996). *Enseñar, aprender y evaluar: un proceso de evaluación continua. Propuesta didáctica para las áreas de ciencias de la naturaleza y las matemáticas*. Barcelona. Ministerio de Educación y Cultura.
- Larraín, A. (2009). El rol de la argumentación científica en la clase de ciencias. *Estudios Públicos*, 116, 167-194.
- Marzábal, A. & Izquierdo, M. (2013). Análisis del libro de textos de Química como discurso didáctico. *Enseñanza de las Ciencias*. Núm. Extra (0), 2203-2208.
- Mineduc (2019a). PISA 2018. Entrega de Resultados. Recuperado de:

- http://archivos.agenciaeducacion.cl/PISA_2018-Entrega_de_Resultados_Chile.pdf
- Mineduc (2019b). Programa de Estudio Química 3° o 4° Medio para Formación Diferenciada. Unidad de Curriculum y Evaluación. Santiago, Chile.
- Macedo, B., Katzkowicz, R. y Quintanilla, M. (2006). La educación de los derechos humanos desde una visión naturalizada de la ciencia y su enseñanza: aportes para la formación ciudadana. [Documento en Línea]. OREALC/UNESCO, Oficina Regional de Educación para América Latina y el Caribe, Santiago de Chile. Disponible: http://www7.uc.cl/sw_educ/educacion/grecia/plano/html/pdfs/Formacion_continua/Seminarios_y_congresos/FPR015.pdf
- Molina, M.; Castro, E.; Molina, J.L.; Castro, E. (2011). Un acercamiento a la investigación de diseño a través de los experimentos de enseñanza. *Enseñanza de las Ciencias*, 29(1), 75–88.
- Molina, M. (2012). Argumentar en clases de ciencias naturales: una revisión bibliográfica. *Actas III Jornadas de Enseñanza e Investigación Educativa en el campo de las Ciencias Exactas y Naturales*. Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación. Universidad Nacional de La Plata. Disponible en: http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/32091/Documento_completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Montaño, J. M. y Padilla, K. (2020). Implementación y evaluación de la habilidad de argumentación en las clases de química del bachillerato. *Educación Química*, 31(2), 51-68.
- Papadimitriou, V. (2004). Prospective Primary Teachers' Understanding of Climate Change, Greenhouse Effect, and Ozone Layer Depletion. *Journal of Science Education and Technology*, 13(2), 299–307.
- Pinochet, J. (2015). El modelo argumentativo de Toulmin y la educación en ciencias: una revisión argumentada. *Ciência & Educação* (Bauru), 21(2), 307–327.
- Plomp, T. (2007). Educational design-based research: An introduction. In T. Plomp & N. Nieveen (Eds.). *An Introduction to Educational Design-based research. Proceedings of the seminar conducted at the East China Normal University, Shanghai (PR China), November 23-26, 2007* (pp. 9-33): SLO Netherlands institute for curriculum development.
- Quintanilla, M. (2014). *Las Competencias de pensamiento científico desde las "emociones, sonidos y voces" del aula*. Editorial Bellaterra Ltda. Santiago, Chile.
- Ruiz, F., Tamayo, O., y Márquez, C. (2015). La argumentación en clase de ciencias, un modelo para su enseñanza. *Educação e Pesquisa*, 41(3), 629-646.
- Sadler, T. D. (2004). Informal reasoning regarding socioscientific issues: A critical review of research. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(5), 513–536.
- Sánchez, L., González, J. y García, A. (2013). La argumentación en la enseñanza de las ciencias. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos (Colombia)*, 9(1), 11-28. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=1341/134129372002>
- Sanmartí, N. (2000). El diseño de unidades didácticas. En: Canal, P.; Perales, J. (edres.) *Didáctica de las Ciencias Experimentales*. Alcoy: Ed. Marfil. 239- 266.
- Sardà, A. y Sanmartí, N. (2000). Enseñar a argumentar científicamente: un reto en la clase de ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 18 (3), 405-422.
- Stake, R. (1967). The countenance of educational evaluation. *Teacher Collegue Record*, 68 (7), 523-540.
- Talanquer, V. (2013). Progresiones de aprendizaje: promesa y potencial. *Educación Química*, 24(4), 362-364.
- Von Aufschnaiter, C., Erduran, S., Osborne, J., & Simon, S. (2007). Arguing to learn and learning to argue: Case studies of how students' argumentation relates to their scientific knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*, 45(1), 101–131.