

Una propuesta didáctica para la enseñanza del calentamiento global a partir de la reactividad química

Rosa Guíñez Álvarez

Pontificia Universidad Católica de Valparaíso.

rosa.guinez@gmail.com

Resumen. El presente trabajo muestra una secuencia didáctica convergente para la enseñanza y apropiación del fenómeno climático del calentamiento global, diseñada e implementada en un contexto de restricciones sanitarias por COVID-19, bajo una modalidad híbrida en la asignatura de Ciencias para la Ciudadanía. La metodología se suscribe bajo un diseño cuasi experimental, de tipo descriptivo, sin grupo control. La muestra es no probabilística y la constituyen 36 estudiantes de tercer año de Educación Media Técnico Profesional. Las actividades de aprendizaje tienen como principal objetivo que los estudiantes desarrollen destrezas reflexivas de nivel superior, en torno a la elaboración de explicaciones científicas cada vez más sofisticadas y elaboradas. Los resultados muestran que algunos estudiantes logran avanzar en la construcción de sus explicaciones proporcionando contexto al relato explicado y fundamentando científicamente. También, se observa que los estudiantes logran transitar desde sus concepciones alternativas hacia el mejor entendimiento del fenómeno estudiado. Finalmente se presentan principales conclusiones, limitaciones y proyecciones del estudio.

Palabras clave: Secuencia enseñanza-aprendizaje, Calentamiento global, Reactividad química, Concepciones alternativas, Explicaciones científicas.

Introducción

La importancia de abordar la educación en ciencias sigue siendo un tema en discusión, y de sobre manera, cómo educar con estrategias innovadoras, el desarrollo de habilidades, y de sobremanera la promoción de una visión de ciencia socio-crítica en donde los estudiantes se sientan comprometidos e involucrados como agentes de cambios. Por ello, diversas organizaciones gubernamentales, atienden la importancia y relevancia de lo que significa educar estudiantes en función de una ciencia más cercana, aplicada, contextualizada y más crítica. Así, la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) ha propuesto criterios en torno al desarrollo de habilidades científicas para los estudiantes del siglo XXI, e UNESCO ha establecido metas para la educación al 2030, entre otros aspectos de calidad, de sostenibilidad y medio ambiente (UNESCO, 2005), que son de interés en este trabajo.

A partir de estas propuestas globales sobre aspectos a considerar en la formación de un ciudadano para siglo XXI, con una visión de conciencia sobre su relación con el medio ambiente, nos hemos propuesto diseñar actividades de aprendizajes con foco en problemáticas socio-crítica ambiental. Desde esta perspectiva, el calentamiento global pareciera ser es un problema cuyo análisis, estudio y resolución al plantear medidas de mitigación en el aula, podría contribuir en el desarrollo de adolescentes en tener una cosmovisión más actualizada sobre problemáticas que afectan al planeta.

Dado que nos interesa abordar el calentamiento global como problemática socio-crítica ambiental, las Bases Curriculares para de 3° y 4° medio, señala que los estudiantes deberían:

- Expresarse en lengua castellana en forma clara y eficaz, de modo oral y escrito; ..., y tomar conciencia del poder del lenguaje para construir significados e interactuar con otros.
- Analizar procesos y fenómenos complejos, reconociendo su multidimensionalidad y multicausalidad.
- Comprender y aplicar conceptos, teorías y formas de razonamiento científico, y utilizar evidencia empírica en el análisis y comprensión de fenómenos relacionados con ciencia y tecnología.
- Conocer la importancia de los problemas ambientales globales y desarrollar actitudes favorables a la conservación del entorno natural.

También en mismo documento se señala la promoción de acciones educativas que promuevan la sustentabilidad, el cambio climático, el fortalecimiento de los principios democráticos y la búsqueda del bien común. Como también, la formación integral de los estudiantes, en espacial el pensamiento crítico el cual [...] *“permite discriminar entre informaciones, declaraciones o argumentos, evaluando su contenido y pertinencia [...] favorece la habilidad de analizar, identificar patrones, sintetizar, relacionar, hacer inferencias, interpretar, evaluar, articular y explicar información”* (MINEDUC, 2019 p. 25).

La promoción y desarrollo en los estudiantes en construir, elaborar y escribir explicaciones, no solo está presente en los diferentes instrumentos curriculares nacionales, sino también en externos como el Programa PISA, donde se espera que los estudiantes logren:

- Aplicar el conocimiento de la ciencia a una situación determinada.
- Describir e interpretar fenómenos científicamente y predecir cambios.
- Identificar las descripciones, explicaciones y predicciones apropiadas.

Sin embargo, los resultados nacionales de este examen, muestra a Chile en el 2018, con un promedio de 444 puntos, 45 puntos por debajo del valor comparado con el promedio de todos los países de la OCDE y 41 puntos arriba del promedio de los países latinoamericanos de la OCDE, de un total de 79 países. Estos resultados, evidencian que aproximadamente un tercio de los estudiantes de 15 años en Chile (35,3%) no han alcanzado ni siquiera las competencias científicas mínimas (Nivel 2 de un total de 6 niveles, con un máximo de 717 puntos), entre los referentes comparables (OECD, 2022).

Los datos anteriores, muestra el desafío y necesidad de diseñar y desarrollar recursos que apunten a promover en nuestros estudiantes el desarrollo de explicaciones científicas más sofisticadas y elaboradas, que involucre y motive a los estudiantes en el estudio de fenómenos asociados a problemáticas actuales. El enfocarse en un problema socio-científico, nos permite como docentes desarrollar y promover habilidades de pensamiento crítico, habilidades científicas, habilidades sociales, en nuestros estudiantes. Así también, les ayuda a participar en discusiones y situaciones políticas y sociales que guardaran relación con aspectos científicos (Gil y Vilches, 2006). En nuestro caso de interés: el calentamiento global; la contaminación; usos de energías limpias; decisiones

alimenticias; uso consciente de los recursos naturales; importancia del cobre; reciclaje de basura; entre otros.

En relación con las ideas expuestas, es que nos interesa poder diseñar e implementar una secuencia para el aprendizaje en torno al cambio climático, junto con la construcción de explicaciones científicas, en estudiantes de 3° año de enseñanza media, en la asignatura de ciencias para la ciudadanía. La pregunta que orienta nuestro trabajo es: ¿cuánto varían las explicaciones de los estudiantes tras la implementación de una secuencia didáctica en torno al cambio climático?

Pasamos a continuación a presentar aquellos aspectos que sustentan el diseño de nuestra propuesta para la enseñanza del cambio climático, su implementación y resultados.

Justificación teórica del diseño de la secuencia de enseñanza para el aprendizaje

La enseñanza del cambio climático, análisis del currículo y textos escolares

Para comenzar es pertinente hacer referencia al contexto de la educación de las ciencias en Chile, donde recién a partir del 2005 el currículo nacional pretende formar en los estudiantes la [...] *capacidad de pensar en las formas características de la búsqueda científica; conocimiento de la ciencia como empresa humana e histórica, y sus implicaciones, en términos de sus fortalezas tanto como de sus debilidades; capacidades de utilización de conocimiento científico para propósitos personales y sociales* [...] (MINEDUC, 2005, p.124).

En el currículo escolar y en los textos escolares de apoyo, el cambio climático o el calentamiento global no es abordado sino hasta 3° o 4° Medio en la asignatura de Ciencias para la Ciudadanía. Se pueden observar cursos previos algunos conceptos o fenómenos en forma aislada sin establecer alguna relación con el cambio climático o el calentamiento global, por ejemplo, efecto invernadero, reacciones de combustión, fotosíntesis, respiración celular, energías limpias, etc. Específicamente el módulo “ambiente y sostenibilidad”, aborda explícitamente el fenómeno, y se recomienda trabajar desde aprendizaje basado en proyectos con diferentes temas, donde la profundidad y la interdisciplinaridad dependerá del docente que facilite el proceso de aprendizaje y a si mismo como la profundidad de sus temas. En esta primera unidad (ambiente) se aborda la importancia de estar informado sobre las consecuencias del cambio climático y las acciones que podrían reducirlo.

Las investigaciones nacionales sobre el uso de textos escolares en ciencias son escasas, la poca existente más bien se refiere a la forma y diseño, más que a las orientaciones pedagógicas y al desarrollo de habilidades y del pensamiento crítico en un entorno contextualizado. Se observa en general, que prevalece el tratamiento de conceptos mediante un discurso ampliamente expositivo y descontextualizado, baja presencia situaciones personales, comunitarias o globales de la vida real. En la tabla 1, se presentan los textos escolares más utilizados en los establecimientos escolares a nivel nacional, donde podemos encontrar lecciones que abordan los temas de interés para este estudio. La tabla 2, muestra criterios para su revisión y con ello, caracterizar la función didáctica presente en estos libros.

Tabla 1. Textos escolares

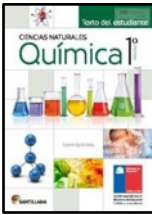


	Autores	Año	Editorial	Págs.
L1	Eugenia Águila Garay	2019 (4ª ed.)	Santillana del Pacífico	78 a 128
				
L2	Andrea Tenreiro Bustamante (Coordinación área ciencias naturales)	2014	Ediciones SM Chile S.A. (Sé Protagonista)	8 a 69
				
L3	Eugenia Águila Garay Marisol Flores Prado Pablo Valdés Arriagada	2019	Editorial CPC Ltda. (Crecer pensando escuelas)	136 a 157
				

Tabla 2. Descripción de criterios de Jiménez y Perales (2001).

Criterios	Descripción
Sin categoría (0)	No aplica a ninguna de las categorías establecidas por los autores, ya que no hay explicación escrita que acompañe a la imagen.
Evocación (1)	Se hace referencia a un hecho de la experiencia cotidiana o concepto que se supone conocido por el alumno.
Definición (2)	Se establece el significado de un término nuevo en su contexto teórico.
Aplicación (3)	Es un ejemplo que extiende o consolida una definición.
Descripción (4)	Se refiere a hechos o sucesos no cotidianos que se suponen desconocidos por el lector y que permiten aportar un contexto necesario. También se incluyen en esta categoría conceptos necesarios para el discurso principal pero que no pertenecen al núcleo conceptual.
Interpretación (5)	Son pasajes explicativos en los que se utilizan los conceptos teóricos para describir las relaciones entre acontecimientos experimentales.
Problematización (6)	Se plantean interrogantes no retóricos que no pueden resolverse con los conceptos ya definidos. Su finalidad es incitar a los alumnos a poner a prueba sus ideas o estimular el interés por el tema presentando problemas que posteriormente justifican una interpretación o un nuevo enfoque.

En la figura 1, se presentan los criterios de la tabla 2, que podemos encontrar en el libro de texto de 1º Medio de Química de la editorial Santillana. De un total de 103 imágenes revisadas y categorizadas, el mayor porcentaje se encuentra la categoría 2 que corresponde a la definición (se establece el significado de un término nuevo en su contexto teórico) con un 45.60%, luego le sigue la categoría 1 que corresponde a evocación (hace referencia a un hecho de la experiencia cotidiana o concepto que se supone conocido por el alumno) con un 28.20%, en tercer lugar, esta la categoría 3 que

corresponde a aplicación, con un 11.65%, en cuarto lugar esta la categoría 4 de descripción, con 5.83%, para dejar en quinto lugar a la categoría 5 que es la *interpretación* (son *pasajes explicativos* en los que se utilizan los conceptos teóricos para describir las relaciones entre acontecimientos experimentales), para dejar en último lugar a la categoría 6 que corresponde a problematización (se plantean interrogantes no retóricos que no pueden resolverse con los conceptos ya definidos). Su finalidad es incitar a los alumnos a poner a prueba sus ideas o estimular el interés por el tema presentando problemas que posteriormente justifican una interpretación o un nuevo enfoque, con apenas un 1.94%. Cabe señalar que además 3 imágenes analizadas corresponden con ninguna categoría, representando al 2.90% del total de las imágenes analizadas.

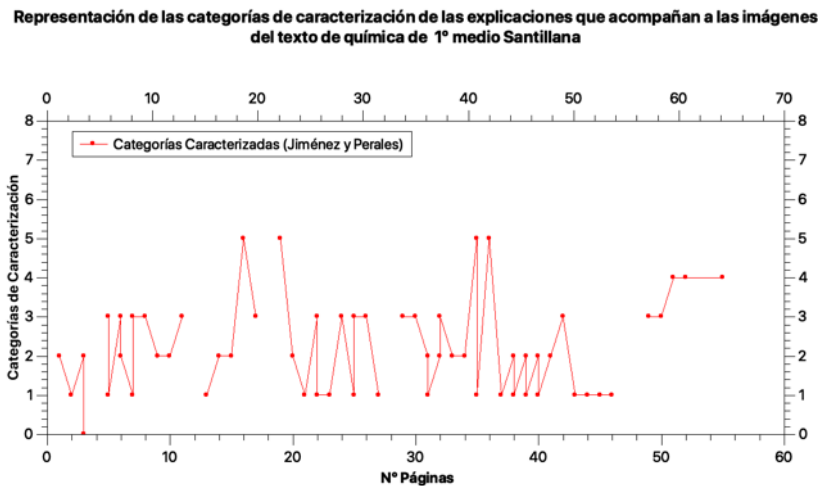


Figura 1. Distribución en el texto L1. (Fuente: elaboración propia).

La figura 2, se observa en análisis del texto de la editorial SM (L2), el cual es utilizado a modo de recomendación complementaria en los establecimientos de subvención compartida con copago o en los establecimientos particulares, que alcanza una cobertura del 10% a nivel nacional, compartiendo este porcentaje con otros textos escolares pertenecientes a otras editoriales. Pero cabe destacar que el resultado del análisis obtenido no es muy diferente al de los textos entregados en forma gratuita por el Ministerio de Educación.

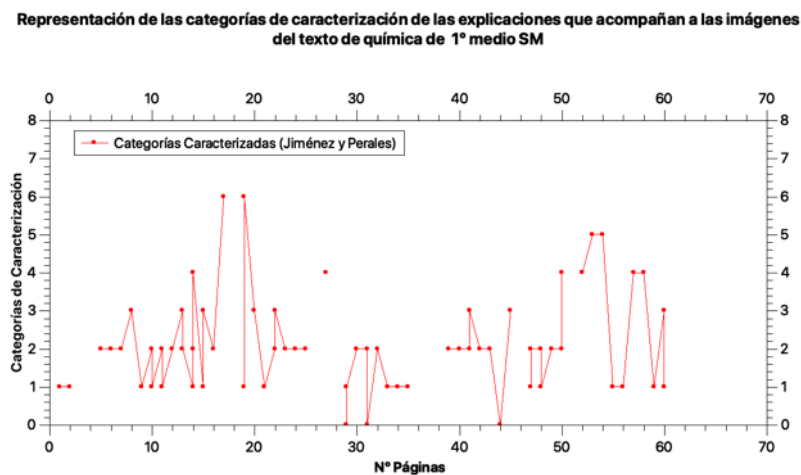


Figura 2. Distribución en el texto de L2. (Fuente: elaboración propia).

La frecuencia de las categorías analizadas del texto de 1° medio de la editorial SM, arrojaron los siguientes porcentajes, de un total de 105 imágenes analizadas:

El porcentaje más alto corresponde a la categoría 1 de evocación, con un 41.91%, luego le sigue la categoría 2 que corresponde a definición, con un 29.52%, en tercer lugar, esta la categoría 3 que es aplicación, con un 20.00%, en cuarta posición, esta la categoría 5 que corresponde a **interpretación**, con un 4.76%, para dejar quinto la categoría 4 que es la descripción, con un 3.81%, y en último lugar esta la categoría 6 que es la problematización. Cuya finalidad es incitar a los alumnos a poner a prueba sus ideas o estimular el interés por el tema presentando problemas que posteriormente justifican una interpretación o un nuevo enfoque, con 0.00%, ya que no hay ninguna imagen asociada a esta categoría.

A modo de síntesis, es importante señalar, que para el texto L1 el 73.8% y el texto L2 el 71.43% corresponden a las categorías de definición y evocación, donde el potencial desarrollo de habilidades superiores no se ven favorecidas, quedándose en la evocación de recuerdos cotidianos ya conocidos por el estudiante y la entrega de definiciones teóricas. Dejando poco y nada respecto al desarrollo de habilidades como analizar, reflexionar, explicar y argumentar, y menos aún al desarrollo del pensamiento crítico y el desarrollo de la metacognición tanto individual como social.

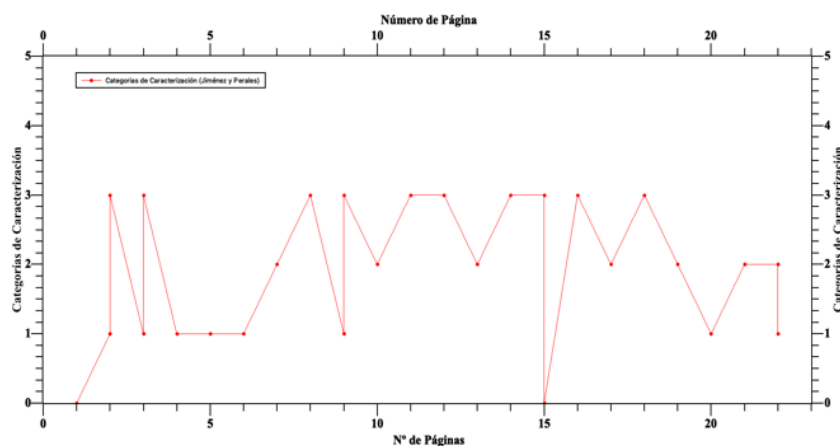


Figura 3. Distribución en el texto de L3. (Fuente: elaboración propia).

En la figura 3, se observa en análisis del texto de la editorial CPC Ltda. (L3) para la asignatura de ciencias para la ciudadanía, con una cobertura nacional del 90% de los estudiantes chilenos. Destacando que los resultados del análisis obtenido, nuevamente no son muy diferente al de los textos analizados de primero medio, de un total de 39 imágenes:

En mayor porcentaje se encuentra la categoría 3 que corresponde a la aplicación, con un 53.84%, luego sigue la categoría 1 que corresponde a evocación, con un 23.08%, en tercer lugar, esta la categoría 2 que corresponde a definición, con un 17.95%, dejando ausente las categorías de descripción, interpretación y problematización, además se observo un 5.13% de imágenes que no aplican a ninguna categoría, ya que no presentan ningún texto asociado, son imágenes que solo están incluidas pero no explicadas.

Para complementar la revisión de los textos escolares se incorpora el contexto de fenómenos utilizados, para la enseñanza del cambio climático y de reactividad química, detallados en la tabla 3.

Tabla 3. Fenómenos utilizados en ambos textos escolares para la contextualización.

Libro 1	Libro 2	Libro 3
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Efecto de la lluvia ácida en las estatuas de mármol. ▪ Combustión ▪ Cambios de estado (agua) ▪ Fotosíntesis y respiración celular ▪ Corrosión ▪ Contexto: No se hace evidente en ningún aspecto en particular. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Oxidación ▪ Combustión ▪ Fotosíntesis ▪ Lluvia ácida ▪ Ciclo del nitrógeno. ▪ Contexto: hidrósfera, atmósfera y litosfera, producción de Cu. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Incendios forestales ▪ Sequia ▪ Olas de calor ▪ Efecto invernadero ▪ Aumento del nivel del mar ▪ Uso de suelos ▪ Contexto: cambio climático

El aprendizaje del cambio climático, explicaciones de los estudiantes

Para continuar con el entendimiento de la importancia del diseño de una coherente secuencia de enseñanza para el aprendizaje, es clave conocer y entender las concepciones de los estudiantes.

A) Explicaciones de los estudiantes sobre el calentamiento global

Desde la literatura encontramos el siguiente inventario de concepciones alternativas, tanto para la enseñanza del calentamiento global y de reactividad química (cambio químico) (Aubrecht, 2018)

- El ser humano (factor antropogénico) es el responsable del calentamiento global.
- No se conoce cuáles son los gases efecto invernadero.
- El calentamiento de la tierra es explicado como causas o como consecuencias, pero no se conoce el proceso.
- No se identifica la mayoría de las fuentes emisoras de gases efecto invernadero, sólo industrias, autos y aerosoles.
- No se conoce el proceso natural de enfriamiento de la tierra.
- Los estudiantes desconocen cuál radiación es responsable del cambio climático.
- La mayoría de los estudiantes no comprenden la función de la capa de ozono.
- No se identifica el gas responsable de la destrucción de la capa de ozono.
- No se identifica la mayoría de las consecuencias del cambio climático en los ecosistemas.

Además, se evidencian los siguientes aspectos, que sin duda dificultan la comprensión y las dimensiones de las consecuencias del calentamiento global (Aubrecht, 2018):

- Los estudiantes no tienen claro los conceptos clima y cambio climático; además presentan insuficiencia en el conocimiento de términos técnicos.
- No se comprende en profundidad las causas del calentamiento global (los gases efecto invernadero y sus fuentes, radiación responsable, función de la capa de ozono, gases que la destruyen y sus fuentes).
- Existe un gran desconocimiento de las consecuencias del calentamiento global tanto en los ecosistemas como en las poblaciones humanas, lo que se traduce en una falta

de preocupación por el tema y mucho menos existe el interés por contribuir con soluciones paliativas.

B) Explicaciones de los estudiantes sobre reactividad química

En segundo lugar, se comparten algunas de las concepciones alternativas más comunes de los estudiantes sobre la reactividad química, que están estrechamente asociada a *Cambio Químico*:

- Ahtee y Varjola (1998), presentan la siguiente evidencia: “Alrededor de una quinta parte de los jóvenes en edad de 13 y 14 años, y los de 17 a 18, pensaban que la disolución y un cambio de estado son reacciones químicas.
- Shollum (1981) informa lo siguiente: “Alrededor del 70% de los jóvenes entre 14 años de edad y más del 50% de los de 16 años piensan que diluir un jugo de fruta concentrado añadiendo agua es un cambio químico. También encontró que el 48% de los de 14 años y un 55% de los de 16 años, pensaban que disolver azúcar era un cambio químico” (p. 54)
- La mayoría de los estudiantes tienen la idea que las mezclas o la disolución de sustancias son un cambio químico. Lo mismo ocurre cuando se produce un cambio en el estado de agregación de las sustancias. Además, los estudiantes identifican con mayor claridad los cambios de estado del agua como cambio físico, sin embargo, cuando se les pregunta por otras sustancias distintas al agua muestran mayor dificultad para diferenciar un cambio físico de uno químico. Esto puede deberse a los ejemplos que recogen los libros de textos; normalmente se muestra el agua y sus cambios de estado de agregación (Cañada et al., 2013).
- Dificultad para diferenciar entre cambio físico y químico (Reyes y Garritz, 2006).
- Falta de comprensión de la conservación de la masa (Oñorbe y Sánchez, 1992; Gómez-Crespo, 1996).

Algunas ideas clave a resaltar para el diseño de la secuencia

A) Sobre el modelo de secuencia

El diseñar una secuencia de aprendizaje, desde la didáctica involucra importantes decisiones cómo qué se quiere enseñar y sobre todo cómo crear las condiciones que permitan que los estudiantes aprendan en un espacio social determinado, sustentándose en modelos teóricos y didácticos, apoyado desde la psicología cognitiva, la sociología, la filosofía, en la historia de la ciencia, entre otras (Estany, Izquierdo, 2001), que permiten abordar problemáticas actuales de contingencia mundial.

La cual es una herramienta de planificación del proceso de enseñanza para el aprendizaje, que involucre un conjunto de toma de decisiones respecto a los contenidos, contexto, objetivos, orden, organización, evaluaciones y actividades (Couso, 2012), abordando un fenómeno socio crítico ambiental, desde la reactividad química, promoviendo el desarrollo de explicaciones científicas en los estudiantes, a partir de sus concepciones alternativas.

La adecuada secuencia para el aprendizaje puede ayudar a derribar mitos, como que la ciencia es difícil de comprender y solo para algunos privilegiados, dejando de lado que aprender ciencias es un proceso muy complejo, avalado por la educación formal, que

consiste en la transmisión de conceptos que los estudiantes deben asimilar y aprender, enfrentados a sus concepciones alternativas por que utilizan modelos explicativos desde la realidad que les rodea, fundamentados en sus experiencias personales y sociales y a las propias capacidades de razonamiento para aprender, por ejemplo, propiedades, significados o explicar fenómenos, muchas veces influenciados desde sus percepciones (Sanmartí, 2002).

Por ello se necesitan estrategias bien elaboradas para perseguir el logro del cambio conceptual o bien métodos convencionales bien planificados, a través de una adecuada secuenciación de enseñanza para el aprendizaje, utilizando un ciclo de aprendizaje que permita alcanzar los objetivos de aprendizaje y el desarrollo de explicaciones científicas más sofisticadas y elaboradas, que involucren a los estudiantes en futuras tomas de decisiones como ciudadanos informados, críticos, participativos y comprometidos.

B) Sobre el ciclo de aprendizaje que sustenta la secuencia

La construcción de una secuencia de enseñanza para el aprendizaje obedece o se apega a un determinado ciclo de aprendizaje, normalmente a elección del docente de acuerdo a sus propios estilos de enseñanza, pero lo importancia de la adecuada elección del ciclo, radica en el hecho que como “es un método de enseñanza que pretende ser consistente con la manera cómo los individuos construyen espontáneamente el conocimiento” (Lawson, 1994), enfocándose en cómo y por qué se debe enseñar de una forma concreta, pasando de los conocimientos declarativos a los procedimentales, integrando significados que permitan el ensamblaje de conceptos para incorporar otros nuevos, haciéndose cargo de las concepciones alternativas para promover el proceso de cambio conceptual en los estudiantes, a través del conocido “conflicto cognitivo” o “equilibración” como lo define Piaget, donde los estudiantes deben discutir y comprobar sus concepciones alternativas, promoviendo con ello el análisis, la reflexión y las explicaciones científicas que lleven a la argumentación de un fenómeno, y un sin número de destrezas que involucren estos procesos intencionados por el docente a través del uso de un determinado ciclo de aprendizaje en su secuenciación.

En este trabajo se utilizó el ciclo de Jorba y Sanmartí de 1996, poniendo énfasis en el transito de conceptos a abstracción y de lo simple a lo complejo. Se respeta el ciclo en la integridad de sus partes, exploración, Introducción de nuevos conceptos o conocimientos y procedimiento, Estructuración - síntesis y aplicación, como lo muestra la figura 4 de su esquematización.



Figura 4. Esquema explicativo del ciclo de aprendizaje de Jorba y Sanmartí (1996).
(Fuente: https://www.researchgate.net/figure/fig1_321709806)

C) Sobre cuestiones sociocientíficas como estrategia de aprendizaje

El tema de las cuestiones sociocientíficas y la contextualización, cobran una especial relevancia, ya que se transforman en el vehículo que permite abordar inclusive en forma transversal diferentes habilidades con el uso aplicado de algún contenido específico, ya que finalmente el tema escogido permite enfocar a los estudiantes al diálogo, al trabajo colaborativo, al debate, a la elaboración de explicaciones científicas, a la reflexión y la discusión, a través de actividades centradas en cuestiones sociales contemporáneas y contextualizadas que requieran conocimientos científicos para tomar decisiones informadas (Zeidler y Nichols, 2009).

La acción socio-científica crítica o también conocida como socio-política desde la enseñanza en las aulas, debe partir desde la reestructuración de los currículos en ciencias, enfocándose por ejemplo, en problemáticas ambientales y ecológicas, ya que se necesitan nuevas generaciones de ciudadanos informados y activamente participativos, de los problemas científicos de tipo social y ambiental, donde “cuyo objetivo central es equipar a los estudiantes con la capacidad y compromiso de tomar medidas apropiadas, responsables y efectivas en asuntos de preocupación social, económica, ambiental y moral-ética” (Hodson, 2003).

Según Sjöström y Talanquer lo explican muy bien desde la mirada moderna, planteando que la educación y la ciencia debe transitar entre ellas, desde la educación de la ciencia y la tecnología, para comprender una ciencia contextualizada y llegar finalmente a una educación de ciencia crítica-reflexiva, con un aprendizaje transformador abarcando los dominios cognitivos y afectivos de los estudiantes, para que las nuevas generaciones sean más críticas y actúen como ciudadanos responsables (Sjöström y Eilks, 2018). Lo que invita al docente a empoderarse de una nueva forma de enseñar a sus estudiantes, donde el “conocimiento es situado, es parte y producto de la actividad, el contexto y la cultura en que se desarrolla y utiliza” (Díaz, 2003, p. 2), siendo más bien un mediador, inserto en una cultura que guía y modela tanto lo que aprende él como sus estudiantes. Estas nuevas formas de enseñar, que permiten generar aprendizajes significativos, deben ser en torno a un aprendizaje situado, construyendo conocimientos en un contexto real, crítico y reflexivo (Díaz, 2003), como es en este caso con el empoderamiento del cambio climático.

D) Sobre la promoción y desarrollo de explicaciones científicas.

En este punto, se abordará la conceptualización de las explicaciones científicas ya que, según la mayoría de los estudios, han indicado que son de mala calidad, incluyendo errores lógicos y científicos (Marzabal, Merino, Moreira & Delgado, 2019). Y nos encontramos con una conceptualización poco clara, en proceso de definición y algo confusa con la argumentación (Osborne y Patterson, 2010), para ello se han tomado algunos referentes bibliográficos con la finalidad de construir un concepto más acabado, que permite reconocer el desarrollo y avance de esta habilidad en los aprendices, para avanzar en un camino de construcción y mejor elaboración de ella, dando cuenta de cómo y por qué ocurren los fenómenos científicos.

Desde una noción muy simple y general se puede entender a las explicaciones científicas como una articulación lingüística que dan un sentido de causalidad a un fenómeno estudiado (Jorba, Gómez y Pratt, 2000), dando contexto al relato explicado y fundamentado en lo científico. Al entender la explicación científica, según lo que plantea Osborne y sus colaboradores como “un subconjunto de descripciones donde se crean o inventan nuevas entidades o propiedades para proporcionar una explicación causal” (Osborne et. al, p. 6) que dan sentido a un fenómeno basado en hechos científicos, desde modelos y representaciones de la realidad, se deben considerar al menos dos dimensiones importantes, que tienen relación con el conocimiento del contenido, es decir, la comprensión del tema en cuestión, y la forma en que se plantea la explicación, conocida como el discurso del conocimiento (Ainoa et. al, 2019). Para la identificación y posterior categorización, se debe hacer una necesaria diferencia, respecto a la elaboración de una explicación científica desde la academia y aquella que realizan los estudiantes del sistema escolar, ya que las primeras poseen una mayor extensión, rigor y detalle científico, en cambio estas últimas, son más abiertas utilizando analogías, metáforas, ejemplos y conceptos, entre otros, que se conectan con los conceptos conocidos por los estudiantes (Ainoa et. al). Para las explicaciones científicas de los estudiantes, estos deben demostrar la comprensión sobre las causas de un fenómeno natural, y no ser una aclaración de conceptos ni de razonamientos aplicados a la resolución de un problema (Braaten y Windschitl, 2011). Para visualizar la descripción de las explicaciones científicas que elaborarán los estudiantes se considerará la descripción entregada por Sommer y Cabello (2020). La tabla 4 presenta los componentes principales de estos autores.

Tabla 4. Ejemplo para redactar una explicación científica. (Fuente: Sommer y Cabello, 2020)

Afirmación causal	
Descripción	Explicación inicial
Escribe aquí la descripción del hecho. Es decir, qué ocurrió.	En esta sección deberás explicar brevemente el hecho, completando la descripción con el por qué ocurrió.
Fundamento científico	
Aquí se incluye el “por qué del por qué” , es decir, las causas, elementos invisibles, conceptos y/o teorías científicas que sustentan la explicación inicial.	

Para consolidar el entendimiento teórico que involucra el proceso de aprendizaje en los estudiantes, también es necesario considerar los siguientes aspectos, que ayudan a comprender como se pretende que los estudiantes construyan explicaciones científicas más elaboradas con el desarrollo de esta secuencia didáctica, desde las concepciones alternativas, para poder avanzar hacia el cambio conceptual. Entendiendo el cambio conceptual como los procesos de evolución conceptual, en donde el conocimiento inicial (“natural”) del estudiante se va paulatinamente complejizando para ir respondiendo cada vez a más preguntas e ir interrelacionando más ideas (Sanmartí, 2002). Logrando una integración jerárquica de aprendizajes entre el conocimiento cotidiano y científico, tomando conciencia (metacognición) de ambos en el contexto expresado, ya sea asimilando o acomodando los nuevos conceptos para reorganizarlos o reemplazarlos (cambio de paradigma) (Garritz, 2001). En forma adicional, es necesario también considerar la función que debe cumplir la evaluación, pero no desde el limitado enfoque de la calificación, sino sobre desde la coherencia con que se abordan los objetivos, contenidos o fenómenos y las actividades realizadas con los estudiantes en el aula, ya que

es “la variable que más condiciona el desarrollo y la aplicación del currículo” (Sanmartí y Alimenti, 2004, p. 120).

Normalmente se confunde el término de evaluación con calificación, para ello se debe comprender que corresponde a la “recogida de información, que puede ser por medio de instrumentos o no, análisis de información y juicio sobre el resultado de este análisis y toma de decisiones de acuerdo con el juicio emitido” (Sanmartí y Alimenti, 2004, p. 120).

Las evaluaciones deben acompañar a lo largo de todo el proceso de enseñanza para el aprendizaje, comenzando con una evaluación inicial, otras de proceso y la de finalización, a su vez se debe apoyar con evaluaciones formativas para ir orientando y reorientando el proceso del estudiante para que tome consciencia de sus avances y dificultades, para la toma de decisiones necesarias que le permitan alcanzar los objetivos propuestos, es decir que se autoevalúe y regule sus errores, ya que el docente solo “puede detectarlos, comprender su lógica y ayudar a los estudiantes a superarlos, pero no los corrige” (Sanmartí y Alimenti, 2004, p. 127). Lo que en definitiva permite evidenciar el avance y evolución de los aprendizajes de los estudiantes, así como la identificación de las habilidades que se quieren promover, que en este caso corresponde a la elaboración de explicaciones científicas que construyen los estudiantes a lo largo de la implementación de la secuencia de enseñanza para el aprendizaje, donde el puente entre el desarrollo de habilidades y el aprendizaje, es el cómo éstas se hacen explícitas en cada una de las actividades diseñadas. Para que los estudiantes en la clase transiten desde un aprendizaje implícito (donde las decisiones no son conscientes ni reflexivas) a uno explícito caracterizado por la consciencia y la regulación sobre el uso de las estrategias de aprendizaje utilizadas, fomentando la mirada crítica del mundo que los rodea, para la toma de decisiones de cuestiones científicas (Pérez et al., 2020), para alcanzar una mayor comprensión de los contenidos de ciencias, contribuyendo a la autonomía, autoestima y seguridad, lo que está estrechamente “relacionado con la construcción del pensamiento crítico a partir de la auto-corrección y la reflexión sobre el conocimiento que está implícito en la acción” (Tamayo, Zona y Loaiza, 2017). Para ello se construyó un cuadernillo de trabajo personal, para cada actividad de la secuencia, que evidencia el avance del desarrollo de las explicaciones científicas de los estudiantes, que puede ser, además, utilizado como instrumento de evaluación y autoevaluación tanto por el docente como por los estudiantes para monitorear su progreso en el proceso de aprendizaje.

Considerando todos los aspectos antes descritos, para el diseño de esta secuencia didáctica, la figura 5 presenta el mapa de progreso propuesto a seguir a lo largo de las diferentes actividades, utilizando la problemática socio-científica ambiental del calentamiento global desde la reactividad química. Considerando los contenidos del currículo nacional, pero con un enfoque completamente novedoso, plasmando en forma explícita con el desarrollo de explicaciones científicas cada vez más elaboradas y sofisticadas, conforme a todo lo declarado con anterioridad en este trabajo.

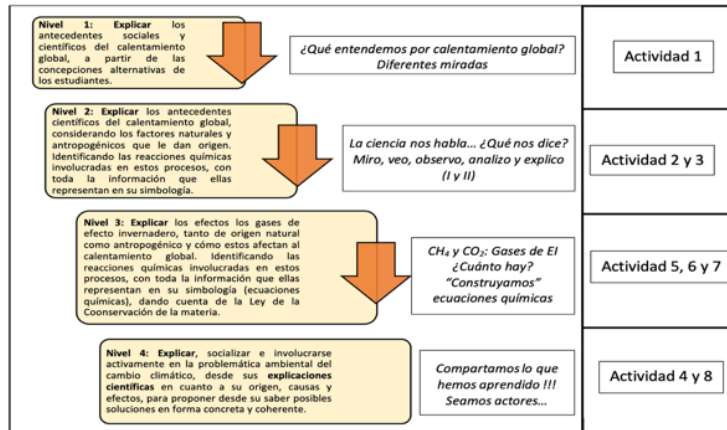


Figura 5. Mapa de progreso propuesto (Fuente: propio autor).

Metodología

A continuación, se detallan las decisiones metodológicas para el desarrollo de la presente investigación.

Objetivo

Identificar la relación entre el aprendizaje sobre cambio climático y la construcción de explicaciones científicas de los estudiantes de 3er año de enseñanza media, en la asignatura de ciencias para la ciudadanía a través de la implementación de una secuencia de enseñanza aprendizaje.

Pregunta de investigación

¿Cambiará y cómo, la sofisticación de las explicaciones científicas que construyen estudiantes de 3º año de Enseñanza Media, al desarrollar una secuencia didáctica en torno al cambio climático?

Hipótesis

La implementación de una SEA para la enseñanza del cambio climático en estudiantes de 3º año Medio, promueve la construcción y desarrollo de explicaciones más robustas y sofisticadas sobre el fenómeno del cambio climático.

Diseño de investigación

El tipo de investigación es de carácter descriptivo, y busca dar cuenta sobre cómo cambian las explicaciones científicas en torno al cambio climático, que proporcionan estudiantes tras avanzar en el desarrollo de las actividades propuestas. El diseño es de corte cuasi experimental, sin grupo control.

La muestra

La muestra es no probabilística. Se inicio con un N inicial de 76 estudiantes de 3º Medio de Enseñanza Media, de un establecimiento de Educación Técnico Profesional de la ciudad de Ovalle. El tamaño de la muestra para el estudio se define a partir de los siguientes criterios: (1) Se seleccionan los estudiantes que han respondido los instrumentos de pre y post test; (2) Estudiantes que han completado las actividades 1 y 4 de la secuencia para el aprendizaje. Lo anterior nos dejó con un N final de 33 estudiantes.

Variables de estudio

La variable independiente corresponde a las actividades de la Secuencia para el aprendizaje sobre cambio climático. Mientras que la variable dependiente, corresponderá a los niveles de sofisticación que alcancen las explicaciones científicas elaboradas por los estudiantes, las cuales serán valoradas según los siguientes puntajes: (a) Inicial: 1 a 7 puntos; (b) Intermedia: 8 a 14 puntos, y; (c) Avanzada: 15 a 21 puntos.

Instrumentos para la recolección de datos

Los instrumentos para la generación y colección de datos son:

- Cuestionario sobre concepciones alternativas del cambio climático (pre y post aplicación de la secuencia para el aprendizaje), extraído y adaptado desde la literatura (Libarkin, J., Gold, A., Harris, S., McNeal, K., Bowles, R., 2018), (Anexo 1).
- Rúbrica para la revisión y análisis de las explicaciones científicas de los estudiantes, extraído y adaptado desde la literatura (Sommer y Cabello, 2020) (Anexo 2).

Procedimiento y operacionalización de variables.

Para la secuencia de enseñanza del cambio climático se llevaron a cabo los siguientes pasos y consideraciones:

- a) Se diseñaron un total de ocho actividades cada una programada para una sesión de 90 minutos. Se validaron por pares de expertos, y se realizaron modificaciones.
- b) Para identificar concepciones alternativas se aplicó un cuestionario antes y después del desarrollo de la secuencia. Se asignaron los siguientes valores, respuesta de los estudiantes:
 - No presenta concepción alternativa: 0
 - Evidencia de concepción alternativa: 1
 - El estudiante declara “no saber”: 2
- c) Para la aplicación del test de concepciones alternativas, se obtuvo una muestra de N=42 cuestionarios de los estudiantes, con la coincidencia de haber respondido el test antes de la implementación de la secuencia (pre) y a su término (post).
- d) Para revisar las explicaciones que elaboran los estudiantes en las actividades 1-4 de la secuencia se empleó una rúbrica. Este instrumento consta de tres niveles de clasificación:
 - Inicial: de 1 a 7 puntos.
 - Intermedio: de 8 a 14 puntos.
 - Avanzado: de 9 a 21 puntos.
- e) Con los datos de la operacionalización de los test y las rúbricas de las actividades 1 y 4, se construyó un banco de datos (N=36), presentados en la tabla 5.
- f) Se consideró la actividad 1, que corresponde a la fase de exploración del ciclo de aprendizaje y la actividad 4 que corresponde a la fase de aplicación, realizando así un análisis del primer ciclo de aprendizaje en su etapa inicial y final. Si no se presentaron más análisis de actividades del segundo ciclo, es debido a la irregularidad de su desarrollo por parte de los estudiantes, pese a que el docente a cargo de su implementación la realizó en su totalidad, pero el contexto de pandemia no permitió una normal ejecución y control del proceso.
- g) Posterior a ello se realizó el análisis estadístico de los datos con el software SPSS, con un intervalo de confianza del 95%. Se realizó el análisis de estadística descriptiva

e inferencial. Los datos presentaron un comportamiento normal y paramétricos, además, se realizaron los estudios de tendencia central, que son reportados en el apartado de resultados, a partir de la tabla 7.

Resultados, análisis de datos y discusiones

A continuación, se presentan los resultados obtenidos. Primero daremos a conocer las explicaciones que proporcionan los estudiantes el fenómeno, miradas en clave de concepciones, y a continuación los niveles de complejidad y sofisticación encontrados.

Concepciones alternativas sobre calentamiento global y/o cambio climático.

Para el procesamiento de los datos del cuestionario sobre las concepciones alternativas, se agruparon en tres grandes grupos las preguntas según el contenido. La clasificación corresponde a los siguientes:

- Grupo 1: concepciones alternativas (CA) relacionadas a los gases de efecto invernadero (GEI).
- Grupo 2: concepciones alternativas (CA) relacionadas con la radiación electromagnética.
- Grupo 1: concepciones alternativas (CA) relacionadas al concepto de calentamiento global (CG) y cambio climático (CC) en general.

La simbología utilizada para su interpretación, corresponde a I para el pre test y F para el post test, acompañada del número de la pregunta analizada. Para comparar pregunta a pregunta, el cambio de la concepción alternativa, una vez desarrolladas las actividades de la secuencia para el aprendizaje del calentamiento global y/o cambio climático. Lo cual, se puede observar en las figuras 6, 7 y 8, respectivamente.

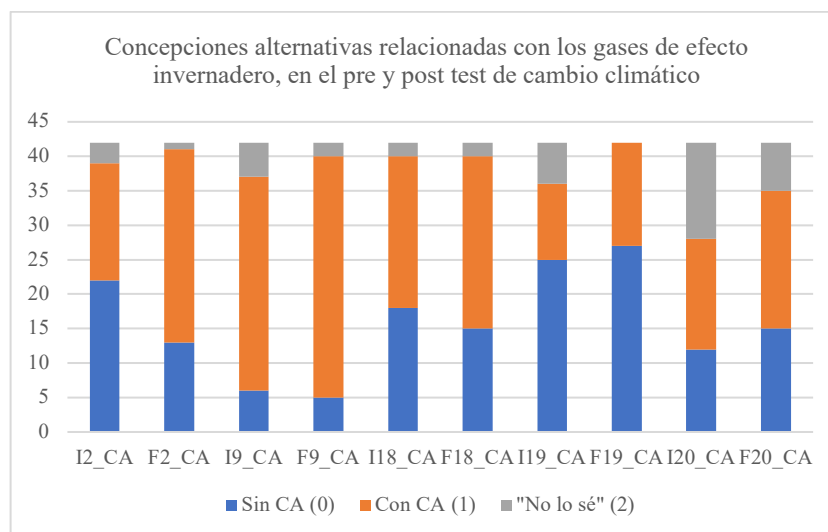


Figura 6. Frecuencia de aparición de las concepciones alternativas (CA), relacionadas con los gases de efecto invernadero (GEI), en el pre y post test sobre cambio climático.

En la figura 6, se observa como van transitando las concepciones alternativas de los estudiantes, respecto a los gases de efecto invernadero, antes y después de desarrollar las actividades propuestas en la secuencia para el aprendizaje, donde no se evidencia un cambio significativo, pero sí, respecto a los estudiantes, que en un principio (pre test) decían no saber respecto al tema en el post test estos valores se ven disminuidos, es decir, existen menos estudiantes sin algún conocimiento del tema. Y en las preguntas 19 y 20,

se evidencia que hay más estudiantes que modifican su concepción alternativa hacia el adecuado conocimiento científico respecto a lo preguntado.

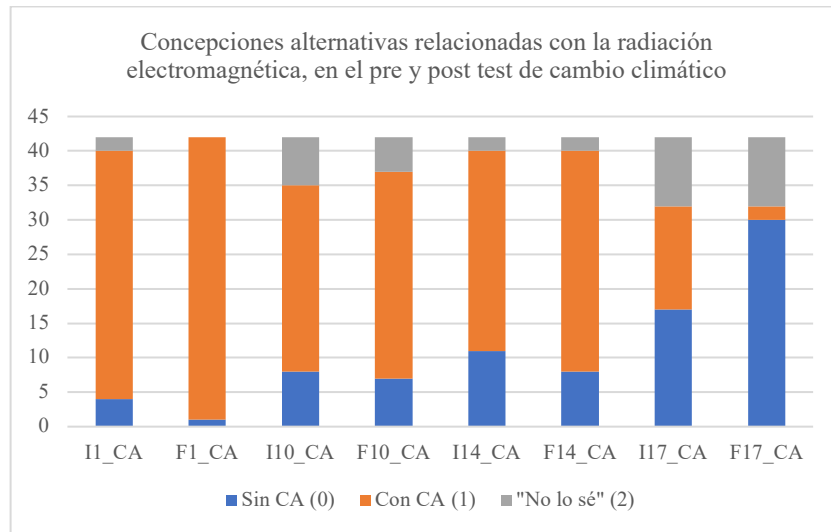


Figura 7. Frecuencia de aparición de las concepciones alternativas (CA), relacionadas con la radiación electromagnética, en el pre y post test de cambio climático.

En la figura 7, se observa como van transitando las concepciones alternativas de los estudiantes, respecto a radiación electromagnética relacionadas al cambio climático y/o calentamiento global, antes y después de desarrollar las actividades propuestas en la secuencia para el aprendizaje, donde claramente aún las respuestas están influenciadas por las concepciones. Y solo en la pregunta 17, se puede apreciar que hay una evidente modificación hacia el adecuado conocimiento científico.

En la figura 8, la frecuencia, supera el N de la muestra, ya que corresponden a preguntas con más de una alternativa posible, pero siempre se mantuvo la misma base de datos.

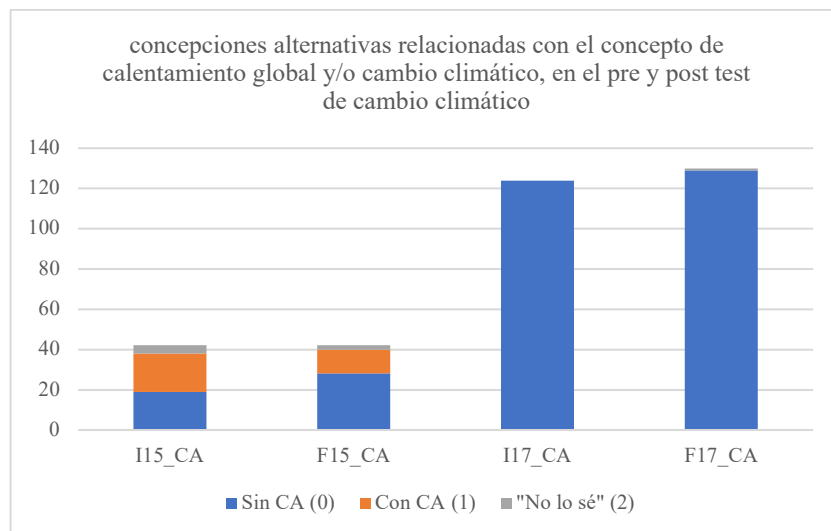


Figura 8. Gráfica de la frecuencia de aparición de las concepciones alternativas (CA), relacionadas con el concepto de cambio climático (CC) y/o calentamiento global (CG), en el pre y post test de cambio climático.

Los resultados de la figura 7, que corresponde a las concepciones alternativas de los estudiantes, respecto al concepto relacionado al cambio climático y/o calentamiento global, es donde se observa un cambio significativo hacia la apropiación del adecuado conocimiento científico, tanto para la pregunta 15 como la 17, es decir, estos conceptos, a través del desarrollo de las actividades de la secuencia para el aprendizaje tuvieron un aprendizaje significativo en los estudiantes, logrando transitar hacia el cambio conceptual, con la adecuada apropiación noción científica del fenómeno.

En general, como bien está descrito en la literatura, no se evidencian cambios significativos en la apropiación de las concepciones alternativas estudiadas, pero sí este tipo de actividades permite discutir sobre ellas y replantearse el fenómeno desde un conocimiento científico, que hace que los estudiantes se cuestionen lo que pensaban al respecto, y al menos en la noción general de lo que significa el cambio climático y/o calentamiento global los estudiantes evidenciaron un avance hacia la apropiación científica adecuada del fenómeno, manteniendo aún las concepciones alternativas relacionadas a los gases de efecto invernadero y la radiación electromagnética estudiadas en la secuencia.

En síntesis, respecto a este análisis, se logra evidenciar en algún grado el cambio esperado, de acuerdo a las actividades realizadas ya su vez permite replantear que actividades deben ser abordadas con mayor profundidad o extensión.

Explicaciones científicas

La asignación de los puntajes de las explicaciones científicas, en las actividades 1 y 4, fueron realizadas por un examinador, y corresponde a los resultados presentados en la tabla 5, con cuyos datos se realizaron los análisis estadísticos y descriptivos presentados en las tablas 7 y 8.

Tabla 5. Codificación de los puntajes de las rúbricas para el desarrollo de las explicaciones científicas, aplicadas a las actividades 1 (AA1) y 4 (AA4), de la secuencia para el aprendizaje del calentamiento global N=36.

Código	AA1	AA4	Código	AA1	AA4
6A	5	--	26B	9	14
7A	12	18	29B	7	13
10A	10	17	30B	8	11
11A	8	8	34B	8	9
12A	6	10	35B	11	11
13A	11	16	8C	8	9
15A	9	14	11C	7	10
16A	11	10	13C	7	7
17A	12	16	16C	8	10
19A	9	--	22C	10	10
24A	15	18	28C	7	10
29A	7	8	30C	11	15
30A	10	14	31C	13	13
32A	6	11	32C	7	16
2B	8	11	33C	9	18
4B	8	13	36C	7	--
9B	8	20	26B	9	14
19B	10	15	29B	7	13

23B	7	13	30B	8	11
24B	10	11	34B	8	9

Tabla 6. Tabla resumen de los datos de las explicaciones científicas, a analizar en el software SPSS.

Resumen de procesamiento de casos						
	Casos					
	Válido		Perdidos		Total	
	N	Porcentaje (%)	N	Porcentaje (%)	N	Porcentaje (%)
Actividad 1	36	100,0	0	0,0	36	100,0
Actividad 4	33	91,7	3	8,3	36	100,0

Tabla 7. Análisis estadístico de tendencia central, para los datos de los puntajes de las explicaciones científicas de las actividades 1 y 4, de acuerdo a lo reportado en la tabla 6.

Descriptivos				
		Estadístico	Desv. Error	
Actividad 1	Media	9,03	0,371	
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	8,28	
		Límite superior	9,79	
	Mediana	8,00		
	Varianza	4,530		
	Desv. Desviación	2,128		
	Mínimo	6		
	Máximo	15		
	Rango	9		
	Asimetría	0,827	0,409	
Curtosis	0,435	0,798		
Actividad 4	Media	12,70	0,589	
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	11,50	
		Límite superior	13,90	
	Mediana	13,00		
	Varianza	11,468		
	Desv. Desviación	3,386		
	Mínimo	7		
	Máximo	20		
	Rango	13		
	Asimetría	0,360	0,409	
Curtosis	-0,797	0,798		

Los resultados entregados en la tabla 7, con un intervalo de confianza al 95%, evidencian que para la actividad 1, con el valor de la mediana de 8,00, al menos la mitad de los estudiantes está en un nivel intermedio del desarrollo de explicaciones científicas. A pesar de que en la actividad 4, siguen en el mismo nivel, el valor de la mediana aumentó, tomando un valor de 12,70, es decir, los estudiantes alcanzan un mejor desarrollo de sus explicaciones científicas, hacia la explicación de causalidad del fenómeno estudiado. Otro valor importante de analizar corresponde al valor y signo de la asimetría, ya que, al ser de valor positiva para ambas actividades, indica que los valores están agrupados hacia la izquierda, es decir, por debajo de la media (9,03 y 12,70 respectivamente), pero sus valores de 0,827 para la actividad 1 y de 0,360 para la actividad 4, con un valor más pequeño para la actividad 4, lo que indica una tendencia a que los valores se desplazaron en forma favorable hacia el valor de la media. Lo que podría llegar a predecir, que si el segundo ciclo de aprendizaje se hubiese desarrollado con normalidad, se podría esperar que los valores hubiesen seguido transitado hacia un desplazamiento superior de la media.

del nivel intermedio, o transitado hacia el nivel avanzado de las explicaciones científicas, ya que el valor de corte era a partir del valor 15.

Para continuar con la coherencia de este análisis, se deben considerar los valores de mínimo y máximo para cada actividad, en que para la actividad 1, se movieron entre 6 y 15, comparado con la actividad 4, que fueron de 7 y 20, lo cual también evidencia como los estudiantes lograron alcanzar un mayor desarrollo de sus explicaciones científicas, a lo largo de la aplicación de las actividades de la secuencia. Y el valor promedio de la puntuación de la rúbrica para la actividad 1 fue de 9,75 comparativamente más bajo que para la actividad 4, que fue de 14,12 puntos, lo que indica que en promedio la actividad 1 se encontró en el nivel medio y en la actividad 4 se alcanzó en promedio dentro del rango de avanzado (ya que fue muy en límite, pero es superior al valor 14, ya que el rango avanzado está entre 14,00 y 21,00 puntos).

Tabla 8. Análisis de normalidad de los datos de los puntajes de las explicaciones científicas de las actividades 1 y 4, de la tabla 5.

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Actividad 1	0,201	33	0,002	0,925	33	0,025
Actividad 4	0,177	33	0,010	0,955	33	0,184

a. Corrección de significación de Lilliefors

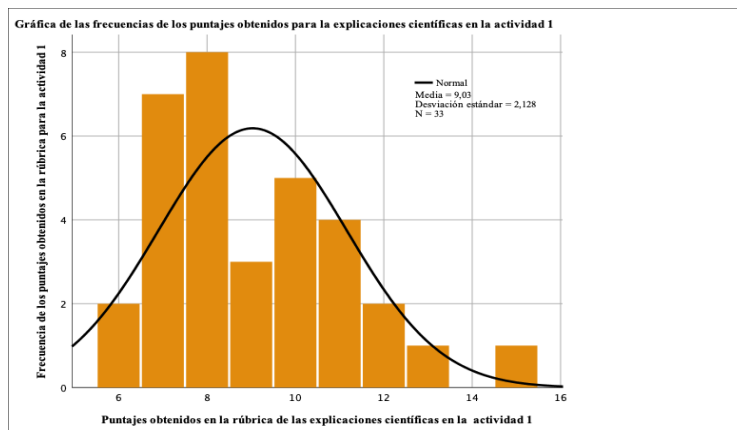


Figura 9. Tendencia normal de los puntajes obtenidos para las explicaciones científicas en la actividad 1, con N=36.

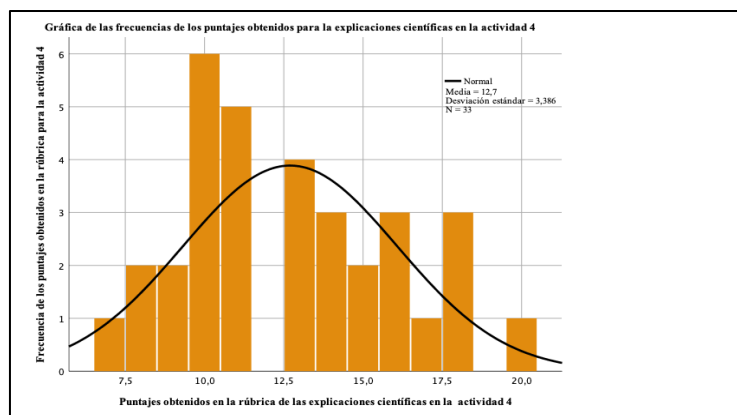


Figura 10. Tendencia normal de los puntajes obtenidos para las explicaciones científicas en la actividad 4, con N=33.

Las figuras 9 y 10, muestran el comportamiento normal de los datos, como lo indican los valores de Kolmogorov-Smirnov y de Shapiro-Wilk de la tabla 8, con la típica campana de Gauss, que indica como se distribuyen los datos, encontrando la mayor cantidad de individuos en el centro hacia el valor de la media, y con una menor presencia hacia los extremos mínimos y máximos, pero cabe señalar que la desviación estándar para la actividad 1 es de 2,128 y para la actividad 4 es de 3,386, por lo que la actividad uno presenta comparativamente un mejor comportamiento gaussiano que la actividad 4, ya que presenta algunos datos que se escapan de la tendencia general, como puede observarse, además, en las barras de los histogramas.

Conclusiones

A partir del objetivo, pregunta de investigación e hipótesis de trabajo, se puede concluir que:

- Los estudiantes a través del desarrollo de las actividades de la secuencia para el aprendizaje del cambio climático logran evidenciar un avance en el desarrollo de las explicaciones científicas con un sentido de causalidad del fenómeno estudiado, como lo demuestran los resultados estadísticos presentados.
- El desarrollo de las explicaciones científicas aumentó en promedio 4,75 puntos desde la actividad 1 a la 4, al cumplirse con la totalidad de las actividades del primer ciclo de aprendizaje, sirviendo de comparación los valores promedio de cada actividad analizada, ya que en la primera es de 9,75 ubicando a los estudiantes en el nivel intermedio y para la actividad 4, el valor promedio es de 14,12 situándolos en el nivel avanzado.
- La implementación de la secuencia para el aprendizaje del cambio climático cumple con el desarrollo de las explicaciones científicas con sentido de causalidad desde las nociones científicas que explican el fenómeno estudiado.
- Respecto a las concepciones alternativas, solo en la dimensión del concepto de cambio climático y/o calentamiento global, se observó el tránsito hacia la apropiación de la noción científica que la explica. Y con las concepciones relacionadas a los gases de efecto invernadero y radiación electromagnética no se observó ese cambio conceptual.
- Finalmente, el análisis de los cuadernillos de trabajo de los estudiantes se pudo evidenciar, como la mayoría de los estudiantes transitaron hacia el nivel 3 y algunos hacia el nivel 4 del mapa de progreso, construido para la implementación de esta secuencia de aprendizaje (figura 5), alcanzando el nivel de explicaciones esperadas. Aunque, de acuerdo con la aplicación de la rúbrica, la debilidad está en el porqué del porqué de la explicación científica, donde hace falta un mejor entendimiento de la noción científica involucrada en el fenómeno estudiado.

Limitaciones del estudio

- La primera gran limitación, corresponde al contexto nacional de pandemia, en que debió ser implementada la secuencia para el aprendizaje, ya que, el ambiente de aula y la responsabilidad frente al trabajo académico de los estudiantes se ha visto fuertemente afectado, por estos dos años de irregularidad en sus procesos de enseñanza y aprendizaje. Además, esta situación genera una irregularidad en la asistencia y asistencia híbrida por otra parte.

- La secuencia fue implementada por un docente, que no estuvo involucrado en su proceso de elaboración y tampoco dispuso de tiempo, para realizar una retroalimentación actividad a actividad antes de ser implementada.
- Respecto a la temporalidad de implementación, esta coincidió con los meses de finalización del año académico, por lo cual, los estudiantes no estaban del todo comprometidos y motivados para finalizar el proceso de la secuencia, lo cual se hizo evidente, al revisar los cuadernillos de respuestas, donde la gran mayoría desarrollo muy pocas actividades del segundo ciclo de aprendizaje y en forma alternada, lo que hace perder la continuidad del proceso.
- Respecto al trabajo de investigación, no se realizaron los análisis estadísticos de confiabilidad de los datos, ni tampoco se pudo llevar a cabo el pilotaje de la adaptación del cuestionario del cambio climático.

Proyecciones

- Tras el análisis de las respuestas de las explicaciones, nace la necesidad de plantear un nuevo diseño de la secuencia para el aprendizaje, con no más de dos concepciones alternativas. Y generar una segunda secuencia con la continuidad del tema, para la unidad de sostenibilidad en la asignatura de ciencias para la ciudadanía, tras los excelentes comentarios del docente que implemento y en función de cómo los estudiantes logran avanzar en el desarrollo escrito de sus explicaciones científicas.
- Además, se hace muy necesario desarrollar un cuadernillo muy concreto con lo que significa desarrollar las explicaciones científicas en los estudiantes, para que el docente a cargo de implementarla maneje conceptualmente su estructura lingüística y el concepto de causalidad apoyada en una base científicamente conceptual, para que pueda orientar y facilitar el proceso en sus estudiantes, no basta con las orientaciones docentes sugeridas en la secuencia diseñada para el docente.
- Otro aspecto, que resultaría interesante abarcar en el desarrollo de las explicaciones, es su oralidad, tanto a nivel de instrucción como de una primera aproximación a la explicación escrita, ya que es el paso previo, que evidencia la coherencia entre lo que está pensando el estudiante y finalmente logra escribir, no siempre ese paso refleja una coherencia interna del manejo científico conceptual involucrado en el fenómeno estudiado.
- Este trabajo de investigación permitió describir una tendencia para el desarrollo de las explicaciones científicas con el uso de una secuencia para el aprendizaje en torno a una problemática socio crítica ambiental, el siguiente paso sería profundizar en este estudio para determinar cuál es su correlación y así poder intencionalmente elegir el desarrollo de alguna actividad por sobre otra.

Referencias

- Ahtee, M. y Varjola, I. (1998). Students understanding of chemical reaction. *International Journal of Science Education*. 20(3).
- Aubrecht, K. (2018). Teaching relevant climate change topics in undergraduate chemistry courses: Motivations, student misconceptions, and resources. *EISevier. Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry*. 13, 44-49.
- Baquero, R. (1997). *Vygotsky y el aprendizaje escolar*. Ed. Aique Grupo Editor S.A. 2da. Edición. Argentina.

- Braaten, M., Windschitl, M. (2011). Working toward a stronger conceptualization of scientific explanation for science education. *Science studies and science education*. DOI: 10.1002/sce.20449.
- Cañada, F., Melo, V. y Álvarez, R. (2013). ¿Qué saben los alumnos de Primaria sobre los sistemas materiales y los cambios químicos y físicos? *Campo Abierto*, 32(1), 11-33.
- Couso, D. (2012). Las secuencias didácticas en la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias: modelos para su diseño y validación. *Didáctica de la física y de la química*. 5(II) p, 57-84.
- Conde, M^a del Carmen, Sánchez, J., 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. IX congreso internacional sobre investigación en didáctica de las ciencias, Girona. 796-802.
- Dávila Acedo, M., Borrachero Cortés, A., Cañada, F., y Sánchez Martín, J. (2018). Factores afectivos y cognitivos en el aprendizaje de los cambios físicos y químicos de la materia en alumnos de Educación Secundaria. *Tecné, Episteme y Didaxis*. 44, 91-110.
- Díaz B., F. (2003). Cognición situada y estrategias para el aprendizaje significativo. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 5(2).
- Estany, A., Izquierdo, M. (2001). Didactología: una ciencia de diseño. *ÉNDOXA: Series filosóficas*. 14, 13-33.
- García-Rodeja, I. y Lima De Oliveira, G. (2012). Sobre el Cambio Climático y el cambio de los modelos de pensamiento de los alumnos. *Enseñanza de las Ciencias*. 30(3), 195-218.
- Garriz, A. (2001). Veinte años de la teoría del cambio conceptual. *Educación química*. 12(3), 123-126.
- Gil, D., Vilches, A. (2006). Educación ciudadana y alfabetización científica: mitos y realidades. *Revista Iberoamericana de Educación*. 42, 31-53.
- Gómez-Crespo, M. (1996). Ideas y dificultades en el aprendizaje de la química. *Alambique. Didáctica de las ciencias experimentales*. 7, 37-44.
- Hodson, D. (2003). Tiempo de acción: educación científica para una alternativa futura. *Internacional Journal of Science Education*. 25(6), 645-670.
- Jiménez, J y Perales, F. (2001). Aplicación del análisis secuencial al estudio del texto escrito e ilustraciones de los libros de física y química de la ESO. *Enseñanza de las Ciencias*. 19(1), 3-19.
- Jorba, J., Gómez, I., Pratt, A. (2000). *Hablar y escribir para aprender. Uso de la lengua en situaciones de enseñanza-aprendizaje desde las áreas curriculares*, Madrid, Síntesis UAB.
- Lawson, A. (1994). Uso de los ciclos de aprendizaje para la enseñanza de destrezas de razonamiento científico y de sistemas conceptuales. *Investigación y experiencias didácticas*. 12(2), 165-187.
- Libarkin, J., Gold, A., Harris, S., McNeal, K., Bowles, R. (2018). A new valid measure of climate change understanding: association with risk perception. *Climate Change*. 150, 403-416.
- Marzabal, A., Merino, C., Moreira, P., Delgado, V. (2019). Assessing teaching explanations in initial teacher education: how is this teaching practice transferred across different chemistry topics? *Research in Science Education*.
- Meira, P. (2012). Conoce y valoriza las alteraciones climáticas. Propuestas para trabajar en grupo. Madrid: Fundación MAPFRE.
- MINEDUC (2005). Bases curriculares. Unidad de Currículo y Evaluación. Santiago de Chile.
- OCDE: (<https://www.oecd.org/education/>); (<https://www.oecd.org/acerca/>)
- Oñorbe, A., Sánchez, J.M. (1996). Dificultades en la enseñanza-aprendizaje de los problemas de física y química. II. Opiniones del profesor. *Enseñanza de las ciencias*. 14(3), 251-260.
- Osborne, J., Patterson, A. (2010). Scientific argument and explanation: a necessary distinction? *Wiley Online Library*. 95, 627-638.

- Pérez, G., González, L. (2020). Una posible definición de metacognición para la enseñanza de las ciencias. *Investigações em ensino de ciências*. 25(1), 385-404.
- PISA: (http://archivos.agenciaeducacion.cl/PISA_2018_Entrega_de_Resultados_Final.pdf)
- Punter, M., García-Gómez, J. Y Ochando, M. (2008). Ideas de los alumnos de secundaria sobre las causas del cambio climático. Universidad de Valencia.
- Reyes, F., Garritz, A. (2006). Conocimiento pedagógico del concepto de “reacciones químicas” en profesores universitarios. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*. 11(31), 1175-1205.
- Rodríguez, W. (2011). Aprendizaje, desarrollo y evaluación en contextos escolares: Consideraciones teóricas y prácticas desde el enfoque históricocultural. *Revista electrónica “Actualidades Investigativas en Educación”*, 11(1), 1-36.
- Sanmartí, N. Didáctica de las ciencias en la educación secundaria obligatoria. “Aprender Ciencias, un proceso muy complejo. Cap. 5 y “Organización y secuenciación de las actividades de enseñanza/aprendizaje. Cap. 8. Editorial Síntesis S.A., Madrid.
- Sanmartí, N., Alimenti, G. (2004). La evaluación refleja el modelo didáctico: análisis de actividades de evaluación planteadas en clases de química. *Educación química*. 15(2), 120-128.
- Shollum, B. (1981). Chemical change: A working paper of the learning in science project. 37. University of Walkato, Hamilton, New Zealand.
- Sjöström, J., Eilks, I. (2018). Reconsiderando diferentes visiones de la alfabetización científica y la educación basada en la ciencia sobre el concepto de *Bildung*. *Innovations in science education and technology*. 24. 65-88.
- Sommer, M., Cabello, V. (2020). Andamios de retiro gradual. Parte 2: apoyo a la construcción de explicaciones en ciencia primaria. *Estudios Pedagógicos XLVI*. 1, 269-284.
- Tamayo, O. (2009). La metacognición en los modelos para la enseñanza y aprendizaje de las ciencias. Universidad Autónoma de Manizales, 1-26.
- Tamayo, O., Zona, J. & Loaiza, Y. (2017). La metacognición como constituyente del pensamiento crítico en el aula de ciencias. *Técne, Episteme y Didaxis, número extraordinario*. 1031-1036.
- UNESCO:
(<http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/FIELD/Montevideo/pdf/PolicyPapersCILAC-CienciaEducacion.pdf>)
- Uribe, M. y Ortiz, I. (2014). Programa de estudio y textos escolares para la enseñanza secundaria en Chile: ¿qué oportunidades de alfabetización científica ofrecen?. *Enseñanza de las Ciencias*. 32(3), 37-52.
- Zeidler, D., Nichols, B. (2009). Problemas sociocientíficos: teoría y práctica. *Journal of Elementary Science Education*. 21(2), 49-58.