

Diseño, implementación y análisis de una secuencia de enseñanza-aprendizaje acerca de cambio climático en el marco de la enseñanza para la comprensión para estudiantes de séptimo básico: Clima global, cambio sinigual

Luis Bustos Melín

Colegio Cordillera

pedaphysic@gmail.com

Resumen. La presente secuencia de enseñanza-aprendizaje, focalizada en la enseñanza para la comprensión, presenta una propuesta didáctica para la enseñanza y apropiación de los contenidos alusivos a cambio climático en el marco del programa de ciencias naturales perteneciente al nivel séptimo básico dentro del eje Física. Las actividades que se proponen tienen como principal objetivo que los estudiantes de un colegio de la región metropolitana de Santiago puedan desarrollar la comprensión del conocimiento en torno a cambio climático. Para analizar el impacto de la implementación se optó por un diseño correlacional-experimental de tipo cuasiexperimental. La muestra de este estudio corresponde a 59 estudiantes que conforman dos grupos. Sobre esta muestra se aplicó un pre y post test elaborado en base a las preguntas presentes en la prueba estandarizada en “*Yale Project on Climate Change Communication*”. A partir del test original fueron seleccionadas 17 preguntas de las 57 preguntas en total. El análisis de datos se desarrolló a través del índice de ganancia de Hake, además del cálculo de frecuencia absoluta y medias para las respuestas expresados en porcentajes. A partir de la implementación de la secuencia se observa un aumento de 0,15 en la ganancia de aprendizaje en el grupo experimental, con relación al grupo control, expresado en un mayor indicador del G de Hake. Además, la opinión de los estudiantes pertenecientes al grupo experimental en cuanto al cambio climático, mostró un aumento a favor de la percepción de los elementos acerca de los factores del cambio climático.

Palabras claves: Cambio climático, secuencia didáctica, aprendizaje, enseñanza para la comprensión, ciencias del medioambiente.

Introducción

Tanto hoy como desde hace unos años hemos visto los avatares que provoca el dinamismo del planeta Tierra, demostrando que el dinamismo presente en sus procesos es digno de investigar, con la finalidad de conocer sus razones y la influencia humana en dichos fenómenos. En los medios de comunicación podemos observar los cambios que se han producido en distintos lugares del mundo, manifestados a través de altas temperaturas estivales, aumento del nivel del mar, fracturas y desprendimientos significativos de glaciares junto a otros fenómenos atmosféricos (IPCC, 2013). A partir de la acentuación de estos fenómenos y el calentamiento global, entre otras situaciones, ha surgido preocupación no sólo en el ámbito científico, sino también en el ámbito social y económico, debido a las consecuencias sobre nuestra comunidad a nivel local, regional y nacional. De cierta forma, conocemos por experiencia que en cualquier comunidad la convivencia genera problemas y soluciones a la vez. A raíz de esta misma convivencia a distintos niveles surge la

industrialización con sus respectivos problemas, “nos enfrentamos a problemas, como el cambio climático, cuyo origen está en los espacios locales, especialmente en las zonas industrializadas del mundo, pero cuyas consecuencias sufre toda la humanidad”(Murga-Menoyo & Novo, 2017). Este cambio climático de efecto global se sustenta tras “un consenso científico en que este fenómeno es un hecho inequívoco, causado por la acción del hombre, detonada a través de sus excesivas emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y de otros forzantes climáticos de vida corta” (Ministerio del Medio Ambiente, 2016).

La cantidad de información e investigaciones respecto los cambios de tipo climático son abundantes, por ende, se puede afirmar, según informes científicos de los últimos años, que estos cambios no sólo afectan a algunas regiones del mundo, sino que están empezando a ocurrir con mayor frecuencia en distintos lugares del mundo (Botero, n.d.; González, Lara, Urrutia, & Bosnich, 2011; Mart & Pati, 2009; MMA, 2017; Pe, Sabat, Filella, & Gracia, 2004; Romero, Salgado, & Smith, 2010; Vargas, 2009). Es así como, según el informe IPCC (2007), el cambio climático generará incrementos graduales en la temperatura promedio de la superficie terrestre además de los océanos, modificaciones en los ritmos de precipitación, se incluyen también los cambios en la ocurrencia de fenómenos atmosféricos extremos y un ascenso en el nivel medio de los mares. Inclusive, dentro de las proyecciones, se estima que a fines del siglo XXI, el incremento de la temperatura de la superficie de la Tierra estaría comprendida entre 2.6 y 4.8 °C, por otra parte, el ascenso en el nivel medio del océano podría alcanzar entre los 45 y 82 centímetros. Finalmente, existe una alta probabilidad que las precipitaciones aumenten en las latitudes del hemisferio norte y en el Ecuador, disminuyendo en las zonas subtropicales (IPCC, 2013).

En el ámbito local, regional y nacional de la comunidad que conforma Chile, el cambio climático es una situación real y documentada (Ministerio del Medio Ambiente, 2016). Sus efectos son perceptibles y estudiados donde se sabe, por ejemplo, que “las próximas décadas de disminución pronunciada de las precipitaciones y el aumento de la recurrencia de sequías, resultaría en un incremento en la ocurrencia (número) y el área afectada por incendios” (González, Lara, Urrutia, & Bosnich, 2011, p.217). Por otra parte, como una evidencia a nivel internacional de lo que ocurre en Chile, el mismo Panel intergubernamental de Cambio Climático destaca “[...] el caso de Chile Central, un aumento de los procesos de desertificación y degradación del suelo, modificando con ello el ciclo hidrológico y clima de la región” (Romero, Salgado & Smith, 2010, p.154), lo que implica no estar ajenos ante el conocimiento de estos fenómenos y cómo podemos aportar para generar una conciencia a nivel local, inclusive presentando propuestas que puedan ir en camino hacia la mejora de nuestro entorno natural y social.

Por otro lado, aun cuando se ha logrado llegar a consensos internacionales como la Convención Marco de las Naciones Unidas acerca de Cambio Climático (1994), el Protocolo de Kioto (1997), el Acuerdo de Paris (2015) y la serie de reuniones de representantes de varias naciones en las Conferencias de las partes (COP), no es menor aludir a la COP 25 que cambió de sede desde Santiago de Chile a Madrid en España en este 2019. El motivo de esta modificación de sede es debido a las demandas sociales surgidas desde el pueblo chileno ante las graves y profundas desigualdades en ámbitos de distribución de la riqueza, de salud pública, educación pública y calidad, sistemas de pensiones, reconocimiento político y digno

a los pueblos originarios, sistema de transporte acorde a las necesidades y presupuestos familiares de la población chilena, sueldo mínimo, reconocimiento a la labor de la mujer al igual que nosotros los hombres a todo nivel de la sociedad, dietas parlamentarias y beneficios económicos que han dado pie a una élite política, deficiencias graves en políticas tendientes al cuidado del medioambiente, donde los casos tales como “El desastre ecológico del Santuario del Río Cruces” (Sepúlveda & Bettati, 2005) y las negligentes medidas de mitigación e impacto ambiental en la ciudad de Quintero (J. C. Jiménez & Manosalva, 2015), son emblemáticos. Por lo acontecido en nuestro país, se refuerza la idea que desde las bases de nuestra sociedad está la clave para que surjan nuevas políticas que aludan a aportar al control de los impactos del cambio climático, considerando en todo momento que la “implementación de las medidas para frenar el cambio climático ha de darse en los contextos locales. Es en ellos donde se deben operar los cambios, en las formas de vida, en el transporte, en las pautas de consumo energético”(Murga-Menoyo & Novo, 2017,p.58).

Es importante tomar en cuenta que los cambios ocurridos en nuestro planeta no son sólo parte del estudio de la ciencia, sino el resultado de inclusión de todos los estamentos de la sociedad, enfocándonos en un desarrollo sostenible, involucrando un territorio que se manifiesta “como un amplio mosaico de relaciones, nexos, vínculos económicos y sociales, que configuran una realidad compleja” (Murga-Menoyo & Novo, 2017, p.58). Todos estos ámbitos se ordenan en la medida que las políticas gubernamentales de cada país apunten hacia la preponderancia respecto al cambio climático y sus consecuencias en la sociedad, sabiendo que el actuar propio de la humanidad sumado al calentamiento planetario están provocando el cambio climático. Por consiguiente, es en la organización local de la población donde deben surgir las propias medidas que permitan aminorar al máximo los efectos del cambio climático, ya que es en estos donde está el origen, especialmente en las comunidades más industrializadas del mundo.

Si nos ubicamos desde la perspectiva social del cambio climático, reviste una responsabilidad clara la formación que pueda brindar una educación que trate temas ambientales de esta trascendencia. Pensando en nuestros estudiantes como nuevos ciudadanos, si no ubicamos el foco en la dirección de nuestros nuevos ciudadanos perderemos la oportunidad de cambiar el destino de los recursos vitales para la vida humana en nuestro planeta.

A partir del cambio climático que existe a nivel global, además de la forma en que la ciencia y la tecnología avanzan en la contemporaneidad, se van generando renovados desafíos en el ámbito social que requieren respuestas desde los nuevos ciudadanos que formamos en las diversas instituciones educativas. De lo anterior, nos invita a cuestionarnos por propuestas didácticas o prácticas docentes escolares concretas que fortalezcan una formación que permita enfrentar dicho cambio climático global de forma reflexiva y comprensiva. Por ende, esta secuencia didáctica presenta un foco de enseñanza que puede dar respuesta a la interrogante planteada. Este enfoque propuesto: Enseñanza para la Comprensión, en el marco de la enseñanza para las ciencias en el siglo XXI, brinda una oportunidad para que nuestros estudiantes “reflexionen sobre la ciencia y la tecnología como actividades culturales que poseen valores y creencias construidas en determinados contextos históricos” (Martínez, 2010, p. 4). Desde la perspectiva anterior, se observa que la enseñanza para la comprensión es una alternativa que fortalece la enseñanza de la ciencia, ya que, tal como lo afirma Vásquez

(2011, p.186), “tiene como pilares fundamentales la flexibilidad contextual, el conocimiento experiencial, la globalización, el diálogo, la reflexión y la autonomía personal e intelectual del alumnado” (2011, p.186), logrando estudiantes-ciudadanos con capacidad de pensamiento y de acción responsable (Vázquez Recio, 2011).

Marco teórico

El cambio climático en el currículo nacional

La observación del cambio climático en el currículo nacional chileno evidenció que los términos utilizados con mayor frecuencia para tratar el contenido son: calentamiento global y las palabras derivadas de clima, aunque desde las nuevas bases curriculares 2019 de 3° y 4° medio, se incluye el contenido cambio climático.

Por otro lado, la inclusión de temas afines al contenido de cambio climático en la educación chilena se debió a un trabajo conjunto realizado por el Ministerio de Educación y el Ministerio del Medio Ambiente. Ambas instituciones “lograron incluir en la Ley General de Educación de 2009 materias afines al cambio climático en el currículo nacional y los programas de estudio de primero a sexto básico y de séptimo básico a segundo medio” (Ministerio del Medio Ambiente, 2016). En la asignatura de Historia, Geografía y Ciencias Sociales, el contenido asociado a cambio climático está presente con los conceptos calentamiento global y cambio climático, los que menciona el Mineduc en el documento acerca de Objetivos Fundamentales y Contenidos Mínimos Obligatorios de la Educación Básica y Media.

Asimismo, en el contexto de 4° medio en la asignatura de Biología, el Mineduc presenta el concepto de cambio climático mediante el calentamiento global. Del mismo modo, el Mineduc incluye cambio global en Química para 3° medio. También en Física para tercero medio, el Mineduc (2009) incluye el cambio climático en el contenido relativo a la Tierra y el Universo. Por otra parte, respecto al programa de contenidos 2009 del Mineduc, orientado a la formación técnica profesional, el concepto cambio climático se hace manifiesto en todos los objetivos fundamentales y especialidades mediante las ideas de calentamiento global. Cabe mencionar que en las bases curriculares actuales, los contenidos alusivos a cambio climático se desarrollan a partir de la gran idea de la ciencia número 8: “Tanto la composición de la Tierra como su atmósfera cambian a través del tiempo y tienen las condiciones necesarias para la vida” (Ministerio de Educación de Chile, 2015).

Basado en las grandes ideas de las ciencias, las bases curriculares de primero a sexto básico (Ministerio de Educación de Chile, 2018) incluyen temas alusivos a los contenidos de cambio climático en la asignatura de ciencias naturales, aunque dentro de esta revisión del currículo también se hallaron contenidos relacionados en las asignaturas de Inglés e Historia y Geografía. Las mismas grandes ideas orientan las nuevas bases curriculares desde 7° a 2° medio. En ciencias naturales, dentro de las bases curriculares desde 1° a 6° básico 2015, el eje “Ciencias de la Tierra y el Universo” hace mención a temas relativos a cambio climático.

Por otro lado, tomando en consideración las bases curriculares del 2018, como se expresó en un párrafo anterior, en inglés para 5° y 6° básico también se incluye el concepto clima, © 2019 Revista Innovación en Enseñanza de las Ciencias | <http://www.rein nec.cl>

aunque cabe mencionar que no se realiza una vinculación directa con cambio climático. En cuanto a la asignatura de Historia, Geografía y Ciencias Sociales, la presencia del cambio climático se da en el eje de geografía, apuntando al concepto de clima especialmente en los cursos desde tercero a sexto básico.

En las bases curriculares de 7º básico a 2º medio del Mineduc, el contenido acerca de cambio climático se puede encontrar en las asignaturas de Historia, Geografía y Ciencias Sociales, Inglés y Ciencias Naturales (Ministerio de Educación de Chile, 2015). En definitiva, tomando parte de la revisión del currículo expuesta, esta secuencia de enseñanza aprendizaje se enmarca en la asignatura de ciencias naturales para 7º básico, vinculando el cambio climático con el concepto de clima que aparece esbozado por el Mineduc en el eje temático de física, inmerso, a su vez, en el objetivo de aprendizaje 12. Finalmente, en las nuevas bases curriculares 2019 de 3º y 4º medio, el cambio climático es un tema transversal en varias de las asignaturas propuestas: Ciencias para la Ciudadanía (A1), Educación Ciudadana (A2), Biología de los Ecosistemas (A3), Historia, Geografía y Ciencias Sociales (A4), Física (A5) y Química (A6). A continuación, se desarrollan y mencionan algunos conceptos de Física que están asociados a cambio climático, tanto a los contenidos curriculares del Mineduc como en la SEA propuesta.

Cambio climático: Una visión desde la Física.

Respecto a las nociones físicas en torno a cambio climático, primero se menciona a La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), en su artículo 1, donde se pueden visualizar algunos conceptos que permiten contextualizar el marco conceptual desde el punto de vista físico. En sí la CMNUCC define el cambio climático como “cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera global y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables”(IPCC & I, 2013, p.188). Desde la definición anterior la meteorología y la climatología son dos ámbitos de las ciencias donde se aplican conceptos físicos en ámbitos como la termodinámica, la hidrostática e hidrodinámica. A partir de aquí, se enfocarán los conceptos dentro del área de la climatología , tomando en cuenta que un cambio en el estado del clima puede ser descrito por cambios en la variabilidad de sus propiedades que persisten por un tiempo muy prolongado (Pachauri, Meyer & Team, 2014), en consecuencia, y en forma más específica dentro del análisis conceptual de la Física, podemos referirnos a la variabilidad de los conceptos temperatura, humedad, presión atmosférica, viento y precipitación.

Todas las magnitudes físicas anteriormente mencionadas han aparecido dentro de los estudios científicos que han dado origen a la cuantificación del cambio climático. Es así como surgen los llamados modelos climáticos que inician su muestra de resultados en 1827 con Fourier, donde se realizó una comparación entre la atmósfera y un vidrio transparente que tapaba una caja expuesta al Sol, donde describía la contribución de la atmósfera a la temperatura del planeta Tierra. Luego en 1898 Arrhenius relacionó posibles cambios del clima con la proporción de dióxido de carbono presente en la atmósfera, mientras que en 1938 Callendar planteó la relación entre el clima y el uso de los combustibles fósiles, haciendo incluso una proyección de un incremento de las temperaturas en alrededor de 0,03 °C por década, la cual perdió validez entre 1940 y 1960, debido a que descendió 0,2 °C la

temperatura a nivel mundial. La investigación y el seguimiento de la proporción del dióxido de carbono a partir de 1957 en Mauna Loa y posteriormente en otras estaciones, sumado a la vaga evidencia de las ideas que aseguraban un descenso global de temperaturas, y, sobre todo, el hecho de que se observara un aumento anual de una a dos partes por millón y con tendencia al alza, en la proporción del CO₂, actualizaron lo planteado por Calendar (Escardo, 1995).

A medida que avanzamos hacia el siglo XXI han nacido una serie de modelos predictores del clima que han avalado los estudios del IPCC (Pachauri et al., 2014). Esta serie de modelos simples y complejos hacen estudio de transporte y balance de energía en la atmósfera, velocidad y dirección de viento, a modo de ejemplo. Por otra parte, los modelos actuales más complejos se basan en la resolución numérica de una serie de ecuaciones donde expresan algunos principios físicos que denotan la dinámica tridimensional de los procesos fundamentales que tienen lugar en cada componente del sistema climático, como también en los intercambios de energía y masa entre ellos (Harvey, D., Gregory, J., Hoffert, M., Jain, A., Lal, M., Leemans & De Wolde, 1997). Las magnitudes físicas analizadas incluyen: temperatura, calor específico del aire, flujos de calor, transporte de calor y agua por la atmósfera y el océano entre muchos otros. Desde aquí, se hará un paréntesis en se enfocará el análisis en torno a la magnitud física de la temperatura. Respecto a la temperatura terrestre el dióxido de carbono CO₂ cumple un rol fundamental, ya que es un gas que absorbe luz infrarroja. Esta misma radiación fue estudiada por Herschel en el siglo XIX y para mediados del mismo siglo fue posible utilizarla en experimentos. En 1859 Tyndall descubrió que el vapor de agua, el CO₂ y el ozono absorbía la luz infrarroja tal como se aprecia en la figura 1:

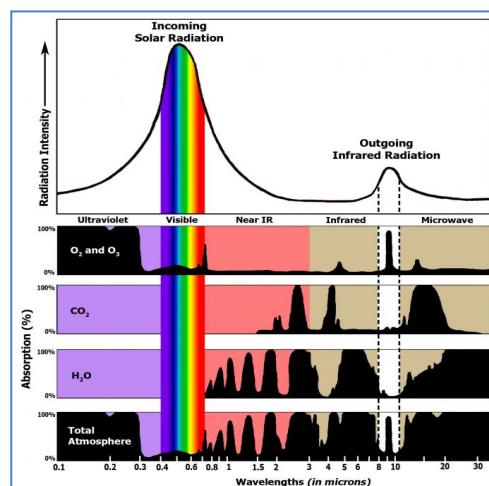


Figura 1. Absorción de la radiación solar por parte de gases de efecto invernadero. (Fuente: CSI, NASA)

Esta evidencia provocó que Svante Arrhenius reuniera variados descubrimientos en un modelo matemático simplificado. Este hecho dio pie a que Arrhenius predijera el calentamiento global debido al aumento de CO₂ en la atmósfera. En conclusión, la fórmula que establece la predicción de Arrhenius se muestra en la figura 2.

$$T_S = \left(\frac{1}{1 - \frac{\varepsilon}{2}} \right)^{\frac{1}{4}} \times 255 \text{ K}$$

Figura 2. Fórmula de Arrhenius (Fuente: elaboración autor).

El símbolo T_s es la magnitud física de la temperatura promedio sobre la superficie de la Tierra. Mientras que ϵ es una magnitud que caracteriza la absorción de radiación infrarroja a través de la atmósfera, es decir, si ϵ es nula (0), la atmósfera no absorbe radiación infrarroja, siendo completamente transparente. Por otra parte, si $\epsilon = 1$, la atmósfera absorbe toda la radiación infrarroja incidente, por consiguiente, la atmósfera se comporta como si fuese completamente opaca. En conclusión, se tiene que está entre los límites $0 \leq \epsilon \leq 1$ (Vasco, 2012).

A continuación, incluyendo la perspectiva de estos conceptos de la Física en torno cambio climático, se analizó la funcionalidad de los elementos que componen a las secuencias didácticas presentes en distintos textos que tratan contenidos acerca de cambio climático.

El cambio climático en los textos escolares

La importancia de revisar estos textos y cómo tratan el tema de cambio climático, se vincula con analizar los aportes actuales a la enseñanza del cambio climático para posteriormente robustecer la SEA, de tal manera que sea una propuesta innovadora para la enseñanza del cambio climático en el nivel de séptimo básico. Cada uno de los textos que aparecen en este apartado y que son parte de los insumos de esta secuencia de enseñanza-aprendizaje, fueron analizados según los criterios de secuenciación de la información para visualizar la progresión de la función didáctica en el texto, a partir de la investigación didáctica en el ámbito de la aplicación del análisis secuencial presente en el estudio de texto escrito e ilustraciones de los libros de Física y Química de la ESO (J. de D. Jiménez & Perales, 2001).

Para analizar las imágenes o representaciones pictóricas en los libros de texto de física se utilizó la taxonomía presente en las investigaciones de Perales y Jiménez (2002) y (2001). En base a esta taxonomía se describieron las representaciones pictóricas como eventos con ilustraciones que se categorizarán con la ayuda de algunos criterios. En base a la propuesta teórica de la investigación didáctica de Jiménez y Perales (2001), los criterios que permitieron caracterizar e identificar la función de la secuencia didáctica en la que aparecen las ilustraciones en los libros de texto aparecen en la Figura 3:

	<p>1: Evocación 2: Definición 3: Aplicación 4: Descripción 5: Interpretación 6. Problematisación</p>	
--	--	--

Figura 3. Criterios de clasificación respecto a la función de la secuencia didáctica en la que parecen las ilustraciones (J. de D. Jiménez & Perales, 2001). Elaboración propia.

Para esta categoría de análisis se realizó una identificación de los criterios en las unidades de análisis. Estas unidades de análisis corresponden a imágenes y textos. Tomando la investigación de Jiménez & Perales (2001), cada unidad de análisis de los textos se denominó, desde aquí en adelante, como evento. Una vez identificados los eventos ilustrados, textos, y no ilustrados, imágenes, según los criterios de aparición en la secuencia, se realizó un registro y conteo de estos.

Se revisaron cinco textos correspondientes a cuatro editoriales: Santillana, Zig-Zag, SM y Pearson. Posteriormente, se graficó la aparición de los criterios pertinentes según funcionalidad, agregando la frecuencia y su respectiva frecuencia relativa con que se produce un evento relacionado a una función. En la tabla 1 se presentan los datos de la muestra de textos revisados mediante la investigación didáctica detallada en el párrafo anterior

Tabla 1. Datos de los textos escolares revisados. Fuente: Curso SEA, MDCE, PUCV.

Identificación	Autores	Año	Editorial	Páginas
L1	Departamento de Estudios Pedagógicos de Ediciones SM Chile	2019	SM	212-215
L2	Paul G. Hewitt	1998	Pearson/Addison Wesley Longman	345-348
L3	Jimmy Muñoz Mauricio Contreras	2017	Zig-Zag	290-294
L4	Mario Toro Rodrigo Mora	2008	Santillana	146-147
L5	Douglas Giancoli	2006	Pearson Educación	430-431

A partir de estos libros se recopilaron datos, contando los eventos ilustrados y no ilustrados en orden de aparición en el libro a partir de los criterios propuestos por Jiménez y Perales (2001), anexo 11. Se realizó la tabulación y la gráfica que evidenció dicha aparición tal como se muestra en la Figura 4 y en el anexo 11.

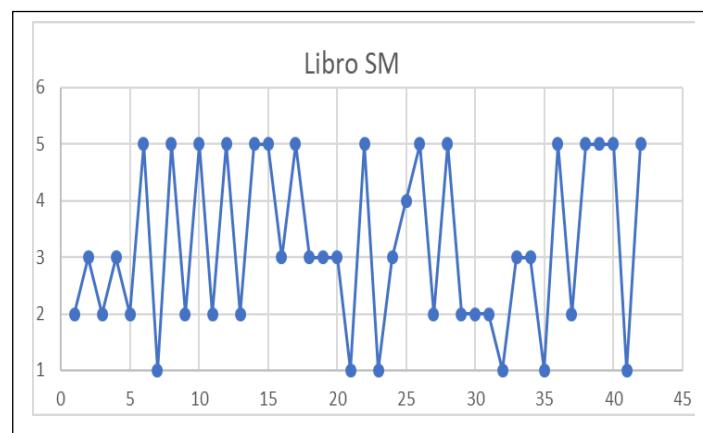


Figura 4. Gráfico de eventos seguidos en la secuencia. Libro SM. Fuente: elaboración propia

En el gráfico de la figura 4, se observan en el eje vertical los números que representan la funcionalidad de los eventos ilustrados y no ilustrados, mientras que en el eje horizontal está el número total de eventos ilustrados y no ilustrados de la unidad que trata acerca de cambio climático en el libro de la editorial SM.

Analizando la funcionalidad de la secuencia en el libro SM, a partir de la figura 4, se denota un cambio entre definiciones al inicio, luego se avanza alternando entre definiciones e interpretaciones, para cambiar a alternar entre aplicaciones y definiciones, evocando a momentos, mostrando mayores recursos didácticos en la diversificación de funciones.

Una vez obtenidas las frecuencias relativas de eventos ilustrados y no ilustrados, según criterio en cada libro, se elabora un gráfico radial para clarificar el análisis, considerando, como una referencia, solo los eventos ilustrados. Para este análisis se hace uso de dos estadísticos: frecuencia relativa y frecuencia absoluta. En el proceso del análisis de datos, interesa determinar la frecuencia relativa de aparición de ilustraciones según los diferentes criterios en cada libro. Un libro que emplee muchas definiciones y aplicaciones tiene, obviamente, un enfoque diferente a otro libro que utilice con mayor frecuencia la interpretación o la evocación. El parámetro utilizado para comparar los diversos libros entre sí es la frecuencia relativa con que se produce un evento ilustrado asociado a un criterio, que se obtiene dividiendo la frecuencia absoluta de cada evento ilustrado, por cada criterio, entre el total de eventos ilustrados, tal como se aprecia en la figura 5.

$$F(e) = f(e)/N$$

Figura 5. Fórmula de frecuencia relativa de eventos ilustrados o no ilustrados. Fuente: elaboración propia.

En la figura 5, $F(e)$ representa a la frecuencia relativa de eventos ilustrados o no ilustrados según un criterio, $f(e)$ la frecuencia absoluta de eventos ilustrados o no ilustrados según un criterio, mientras que N corresponde al total de eventos ilustrados o no ilustrados, considerando los seis criterios de análisis de ilustraciones. Las gráficas que muestran funcionalidad y frecuencia relativa de aparición de eventos ilustrados y no ilustrados se pueden observar en la figura 6 y en el anexo 12.

En la figura 6 se analizan las frecuencias de los eventos con ilustraciones en los cinco libros de texto. Se observan tendencias lineales en el desarrollo de la secuencia de ilustraciones, además no se observa el uso de ilustraciones para problematizar el contenido de la secuencia en torno a cambio climático. Se observa un mayor uso de imágenes relacionadas con el criterio de la interpretación. De hecho, las ilustraciones son utilizadas en la secuencia de los textos para avalar argumentos científicos que sustentan el cambio climático. Por otra parte, el uso de las imágenes en cuanto evocación se utiliza al inicio de uno de los libros (L3) con la finalidad de conectar conocimientos previos del lector hacia el contenido. También se observa que en los libros L1, L2, L4 y L5 no se busca la evocación, lo cual nos hace recordar el mayor interés que se la ha ido brindando al cambio climático a medida que se ven sus consecuencias a nivel mundial, respecto a este mismo énfasis destaca L3, que está en directa relación con el cambio curricular que se ha dado en Chile; esto coincide con su año de

edición, a diferencia de los libros con edición anterior a 2009. Desde la perspectiva del año de edición llama la atención que el libro SM no posea ilustraciones que aludan a la evocación o problematización respecto al cambio climático, pensando en especial que su año de edición es del 2017 (difusión de informes IPCC) junto al hecho que está dirigido a un público lector más joven.

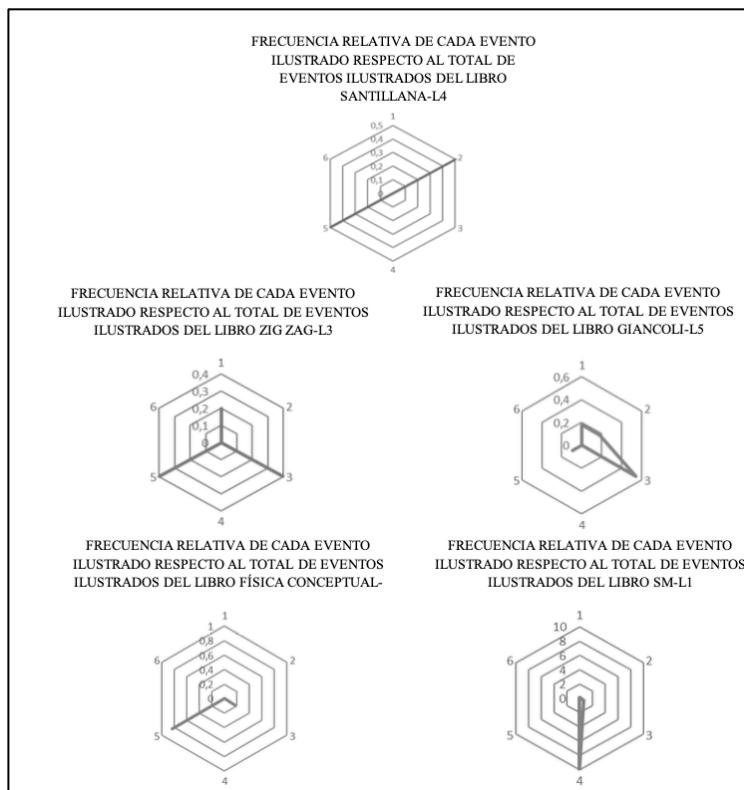


Figura 6. Gráficos radiales que muestran la frecuencia relativa de eventos ilustrados.

Contenidos conceptuales acerca de cambio climático

Antes de iniciar el análisis de textos, se elaboró una selección de conceptos relativos a cambio climático, a partir de la observación de los contenidos presentes en el currículo nacional actual (Ministerio de Educación de Chile, 2015) como de los contenidos actualizados del 2009 (Ministerio de Educación, 2009), los cuales se pueden observar en la figura 7.

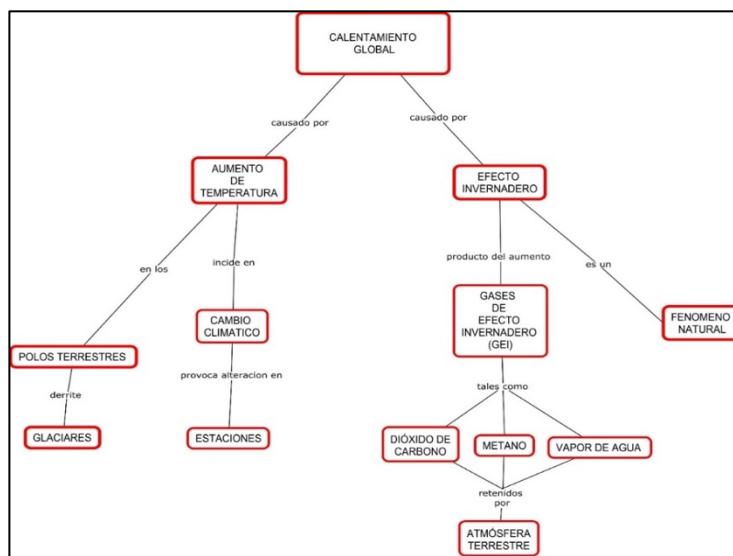


Figura 7. Red de contenidos para esta secuencia de enseñanza-aprendizaje. Fuente: Elaboración propia.

Desde la mirada de los contenidos explicitados en el mapa conceptual anterior, se escogieron los libros de texto y las actividades inmersas en esta secuencia. A continuación, la selección de estos conceptos presentes en el currículo nacional, son la base para indagar en las concepciones alternativas sobre cambio climático

Concepciones alternativas sobre cambio climático.

La revisión de las concepciones alternativas se enmarca en el contexto de la enseñanza para la comprensión que subyace al enfoque constructivista. Esta perspectiva constructivista nos da una vía para poder enfrentar los desafíos de la época de la información, ya que se convierte en “sobre todo una opción cultural y de redistribución del conocimiento en el marco de los fines que la educación debe cumplir en las sociedades modernas”(Pozo, 1996,p.112).

Además, en el enfoque constructivista surge una idea fuerza para indagar en las concepciones alternativas de nuestros estudiantes, partiendo desde la premisa: “[...]el factor más importante que influye en el aprendizaje es lo que el alumno ya sabe. Averíguese esto y enséñese en consecuencia” (Ausubel, Novak y Hanesian, 1978, pág. 1 citado en Pozo, 1996).

También, la razón de estudiar las concepciones alternativas da sentido a dos propósitos docentes fundamentales:

- Evaluar las concepciones previas de los estudiantes al inicio de una secuencia de enseñanza-aprendizaje
- Ya investigadas las concepciones alternativas, se pondrá en práctica una serie de estrategias que permitan modificar dichas concepciones (Carretero, 1997).

Por otra parte, el estudio de las concepciones alternativas permitirá indagar en las representaciones que los estudiantes realizan al someterse en el proceso de enseñanza aprendizaje, momento en el cual se enfrentan a conceptos tales como el cambio climático o cualquier otro presente en la enseñanza escolar. Estas mismas representaciones actúan como

modelos mentales, es decir, como “una representación elaborada por las personas cuando interaccionan con su medio, textos, imágenes o combinaciones entre ambos” (Perales & Jiménez, 2002). Desde esta perspectiva, se le brinda importancia a quien da el significado a la imagen, a partir del cual cobra sentido la expresión del pensamiento. Es por ello que en esta secuencia de enseñanza aprendizaje cobra importancia la evidencia previa de las concepciones que existan acerca del cambio climático, no sólo a partir de la indagación de respuestas en un test, sino a la información que se obtendrá en los productos asociados a cada una de las actividades propuestas en esta secuencia.

Uno de los primeros conceptos que afecta las representaciones que los estudiantes se forman respecto a cambio climático tiene relación con la diferenciación de significado entre la palabra clima y tiempo atmosférico. En la investigación acerca de concepciones alternativas desde la visión de nobeles profesores que inician la enseñanza primaria en torno a su percepción de cambio climático, capa de ozono y efecto invernadero, Papadimitriou (2004) observó que los profesores justifican la evidencia de un cambio climático a partir de cambios ambientales perceptibles de corto plazo, vinculados a alzas mayores de temperatura en el verano o lluvias poco usuales en verano o primavera. Además, no se considera la diferencia entre la ocurrencia de fenómenos atmosféricos de una estación (invierno, verano, primavera u otoño) y una serie de patrones en la ocurrencia de fenómenos a través de varios años, estableciendo así un fundamento acertado para hablar de cambio climático. A lo anterior, Vasiliki asegura que la influencia de los medios de comunicación como la televisión, refuerzan la idea que eventos atmosféricos parciales desatacados son evidencia del cambio climático global (Papadimitriou, 2004).

Además, existe una serie de trabajos que han tenido como objetivo la indagación e identificación de concepciones alternativas en el ámbito del cambio climático. Algunos de los resultados se resumen en la tabla 2:

Tabla 2. Resumen de resultados acerca de concepciones alternativas en torno a cambio climático a partir de los autores. Fuente: elaboración propia.

Autores	Concepciones informadas
Rebich y Gautier (2005) y Meira (2006)	El planeta Tierra aumenta su temperatura debido a que la radiación que ingresa, en mayor medida, por el agujero de la capa de ozono.
Boyes y Stanisstreet (1992)	Los alumnos piensan que “la gasolina sin plomo no contribuye al aumento del efecto invernadero”.
Boyes y Stanisstreet, (1992) y Meira (2006)	Los alumnos confunden las causas y las consecuencias del cambio climático con el adelgazamiento de la capa de ozono.

La educación tradicional muchas veces provoca dificultad en las interpretaciones de la naturaleza, en especial, respecto a cambio climático, tal como dice Meira Cartea (2012), ciertas concepciones alternativas en relación a cambio climático nacen desde las dificultades de las personas en la acción de procesar la información científica, sumado a esto, tal como se mencionó, los medios de comunicación masivo también afectan la información que se transmite.

A partir del estudio de Conde Núñez, Sierra, Sánchez y Ruiz (2013) realizado en estudiantes adolescentes, se pueden observar algunas de las concepciones alternativas generales acerca de cambio climático:

- a) La radiación ultravioleta y la energía nuclear son responsables del cambio climático.
- b) El gas responsable de la destrucción de la capa de ozono es el dióxido de carbono.
- c) El adelgazamiento de la capa de ozono es un aporte al cambio climático.
- d) Como resultado de las concepciones alternativas enunciadas, se confunden las causas y las consecuencias del cambio climático.

Para terminar, en el anexo 8 parecen otras concepciones alternativas con las que se trabaja en las actividades presentes en esta SEA.

Enseñanza para la comprensión

La revisión realizada acerca de las concepciones alternativas en el marco de la enseñanza para la comprensión que subyace al enfoque constructivista, da pie a que se desarrolle los antecedentes, procesos y nociones que involucra la enseñanza para la comprensión. Iniciando esta revisión del enfoque de la enseñanza para la comprensión, se asume que el aprendizaje tradicional se pone a prueba para responder frente a una sociedad donde “la información y el conocimiento están creciendo a un paso mucho más rápido que en cualquier otra época de la historia de la humanidad” (Bransford, et al, 2000, p.3). Bajo este panorama el aprendizaje con comprensión se erige como el nuevo objetivo requerido para este siglo XXI. Sin embargo, hoy, tanto textos como las mismas prácticas pedagógicas de profesores, nos hacen recordar al modelo de procesamiento humano de la información y su premisa de la metáfora computacional, al dar protagonismo a la memoria y la transmisión de una representación para aprender un conocimiento determinado. Inclusive la memoria es primordial para generar aprendizaje, dejando en segundo plano a la comprensión, esto trae como consecuencia que el sistema educacional tienda a no preparar “a la gente para pensar y leer críticamente, para expresarse clara y convincentemente, para resolver problemas complejos de ciencias y matemáticas” (Bransford, et al, 2000, p.3), sin embargo, se requiere que estos saberes sean conocidos y desarrollados en toda sociedad que tenga como meta enfrentar con éxito las exigencias de la vida actual.

El proyecto Cero, realizado por docentes investigadores de la Universidad de Harvard, ha puesto el foco en el pensamiento visible para generar comprensión dentro del marco de los distintos procesos de aprendizaje, denominando a la práctica pedagógica, enmarcada en este propósito, como enseñanza para la comprensión (Ritchhart, Church y Morrison, 2014). En todo proceso de aprendizaje, la comprensión es un elemento que nos permite conectar con el pensamiento inherente a todo ser humano, ya que la comprensión no se entiende como “un tipo de pensamiento, sino como un resultado del pensamiento (Ritchhart et al, 2014, p.40). Es inevitable hablar de pensamiento en el aula y no hablar acerca de la taxonomía de Bloom. Esta taxonomía se centra en tres dominios: afectivo, psicomotor y cognitivo. Es notable observar que la taxonomía de Bloom corresponde “solo a una teoría y no se basaron en una investigación sobre el aprendizaje” (Ritchhart, et al., 2014, p.39). Aunque las categorías de Bloom captan tipos de actividad mental, su estilo jerárquico y secuencial está en contra de lo que se ha observado en la práctica en relación con el pensamiento. La propuesta de niveles establecidos por la taxonomía de Bloom se complica al analizar el pensamiento. Parte de la base que el pensamiento no sucede de manera secuencial, progresando sistemáticamente entre niveles, ya que, en virtud de la relación causal entre comprensión y pensamiento descrita anteriormente, se entiende a la comprensión como un fenómeno que, no obstante,

desordenado y complejo, se desarrolla en forma dinámica e interconectada. Tomando el concepto de autoorganización de la cognición enactuada, los mismos elementos de la cognición se autoorganizan en el proceso del aprendizaje relativo al pensamiento.

En el contexto de la clase de enseñanza para la comprensión, el pensamiento se conecta con la materia y conjuntamente para cada pensamiento, podemos reconocer niveles o desempeños. El pensamiento dentro de esta pedagogía de la comprensión establece el fundamento que para desarrollar la comprensión acerca de una asignatura, hay que involucrarse en una real actividad intelectual. Esto implica las siguientes acciones: resolver problemas, tomar decisiones y desarrollar nuevas comprensiones utilizando los métodos y las herramientas de una disciplina. A partir de estas acciones, se desarrolló el llamado *mapa de la comprensión*, que contempla los tipos de movimientos del pensamiento que son esenciales para la comprensión: "Observar de cerca y describir que hay ahí, construir explicaciones e interpretaciones, razonar con evidencia, establecer conexiones, tener en cuenta diferentes puntos de vista y perspectivas, captar lo esencial y llegar a conclusiones" (Ritchhart, et al., 2014, p.46). A medida que la investigación de la comprensión de los alumnos avanzó, se agregaron dos movimientos que apuntan a incluir la acción de cuestionar y la creatividad; estos son: Preguntarse y realizar las preguntas, junto con descubrir el problema y profundizar el mismo problema (Ritchhart, et al., 2014). Estos ocho tipos de pensamiento no tienen la intención de ser definitivos, empero buscan brindar una guía y apoyo en términos tanto de organizar la planificación de clases como dirigir nuestra actividad cognitiva, desde la perspectiva de los docentes y estudiantes.

Respecto a la funcionalidad en cuanto a la toma de conciencia del pensamiento visible por parte de los estudiantes, coincido en el argumento cognitivo de Biggs (Citado en Ritchhart, et al., 2014, p.52) quien afirma que "para ser adecuadamente metacognitivos los estudiantes tienen que ser conscientes de sus propios recursos cognitivos, en relación con las demandas de la tarea y, luego planear, monitorear y controlar esos recursos". En esta referencia aparecen los meta-aprendizajes, que tienen significado respecto al conocimiento de las estrategias que disponemos para facilitar y dirigir el propio aprendizaje.

El foco de esta propuesta didáctica enfatiza en el uso de la pedagogía del pensamiento visible a partir del foco de la enseñanza para la comprensión, donde la idea matriz está presente en forma transversal dentro de toda la secuencia didáctica del ciclo de enseñanza-aprendizaje constructivista que se asocie. Independiente del ciclo se pueden observar ciertos aspectos comunes en la implementación, tales como la reflexión individual, exposición del profesor, discusión organizada entre alumnos, discusión grupal abierta y valoración continua; mientras que dentro de la planificación está presente el tópico generativo, el hilo conductor, las metas de comprensión, los desempeños y la valoración, que son herramientas fundamentales en la aplicación de este foco de enseñanza para la comprensión y que se destacan en la figura 8:



Figura 8. Elementos presentes en la planificación de la secuencia de la enseñanza para la comprensión.

Fuente: elaboración propia.

Los hilos conductores hacen alusión a las preguntas clave que direccionan una tarea determinada. Además, se desarrollan para el trabajo de un año, o para un conjunto de unidades, con el propósito de articular y dar sentido a los temas. Ejemplos de estos son: ¿Cómo se sistematizan los datos de un experimento?, ¿Cuál es el comportamiento de la luz? Por otra parte, el/los tópico(s) generativo(s) corresponde(n) a los temas, conceptos, teorías, ideas, etc. que forman al mismo tema de la unidad en cuestión. Estos poseen las siguientes características: son centrales para varias asignaturas; son atractivos y motivantes para los estudiantes; también son accesibles por la cantidad de recursos que permiten investigarlos, ejemplos son: “la luz es vida”, “las radiaciones UV: prejuicios”, etc.. Las metas de comprensión surgen a partir de que los tópicos suelen ser demasiado amplios y podrían dirigirse hacia distintas áreas del conocimiento, haciendo necesario marcarse algunas metas de comprensión que se desean alcanzar. De esta forma se estudia el tópico generativo asociado, luego se enfocan a los aspectos centrales del tópico considerado, por ejemplo: Los alumnos comprenden las diferencias entre los seres vivos y los objetos inanimados a partir de la interacción de la luz en ambos casos. Los desempeños de comprensión son las acciones que realizan los alumnos para desarrollar y demostrar las comprensiones que se plantean en la meta definida anteriormente. Se trata de actividades más o menos complejas, que proporcionan a los estudiantes la oportunidad de aplicar sus conocimientos en una variedad de situaciones. Finalmente, las valoraciones son el proceso que brinda respuestas claras a los desempeños de los alumnos, de modo tal que estas se transforman en una retroalimentación que proporcionará a los alumnos aquellos elementos para mejorar sus próximos desempeños. En cuanto a aspectos más tradicionales de la práctica educativa, diríamos que es la etapa donde una evaluación sumativa se puede hacer presente como un elemento anexo.

A continuación, se resumen algunos principios claves acerca del enfoque de la enseñanza para la comprensión con base en el pensamiento visible propuesto desde la visión del Proyecto Cero de la Escuela de Graduados en Educación de Harvard:

- El aprendizaje es una consecuencia del pensamiento.

- El buen pensamiento no es sólo una cuestión de habilidades, sino también una cuestión de disposiciones.
- El desarrollo del pensamiento es un esfuerzo social.
- Fomentar el pensamiento requiere hacer que el pensamiento sea visible.
- La cultura de la sala de clases establece el estilo para el aprendizaje y moldea lo aprendido.
- Las escuelas deben ser culturas de pensamiento para los profesores (Ritchhart, Palmer, Church, & Tishman, 2006).

Ciclo de aprendizaje asociado a la secuencia de enseñanza-aprendizaje.

En muchas ocasiones se piensa que los objetivos que nos proponemos para elaborar una SEA están directamente vinculados con lo que realizamos en la práctica de la misma clase en el contexto del aula, sin embargo, son muchos los factores que hacen generar dicotomía entre lo que se busca enseñar a partir de un objetivo escrito en una planificación o programación, versus lo que realmente ocurre en la aplicación de la secuencia didáctica vinculada con la planificación. A lo anterior se suma el matiz que adquiere nuestra práctica educativa en torno al área de la educación científica, donde implícita o explícitamente mostramos a los alumnos cómo es la ciencia y qué implica estudiarla. Desde esta perspectiva la toma de decisiones, a torno a los objetivos que nos proponemos alcanzar en la clase con nuestros alumnos, es crucial y está inevitablemente teñida de nuestras experiencias con la ciencia (Sanmartí, 2002). Esto hace que los objetivos, también por una marcada falta de tiempo, tiendan a ser muy similares de un año a otro, aunque contemos con un bagaje didáctico aportado por alguna capacitación o estudio. Empero las situaciones anteriores, siempre existe la oportunidad de reflexionar y desvincularnos de lo tradicional, con la finalidad de dar un carácter contextualizadamente significativo para nuestros estudiantes frente al cómo aprender y enseñar ciencias, de tal forma que esto último se constituya en una idea matriz que implique esa característica (Sanmartí, 2002). Estas ideas matrices pueden ser pocas, pero tienen presencia permanente durante toda elaboración de objetivos dentro de la unidad didáctica.

En cuanto al ciclo de aprendizaje utilizado en esta secuencia de enseñanza aprendizaje bajo el enfoque de la enseñanza para la comprensión, se mostrará que su desarrollo se enmarca en el constructivismo para el planteamiento de los objetivos y las actividades presentes en la unidad didáctica en torno a cambio climático.

El ciclo de aprendizaje constructivista que se utilizará para esta secuencia de enseñanza-aprendizaje tiene vinculación con contenidos científicos, que, respecto a Maturano, Soliveras y Macías (2002), implica la presencia de procesos concernientes a la cognición y la metacognición. En efecto, el ciclo de aprendizaje constructivista que se basa dos ciclos que se fusionan y complementan: la de Jorba y Sanmartí (1994) y la de Needham (1987), resultando su estructura como aparece en la figura 9:

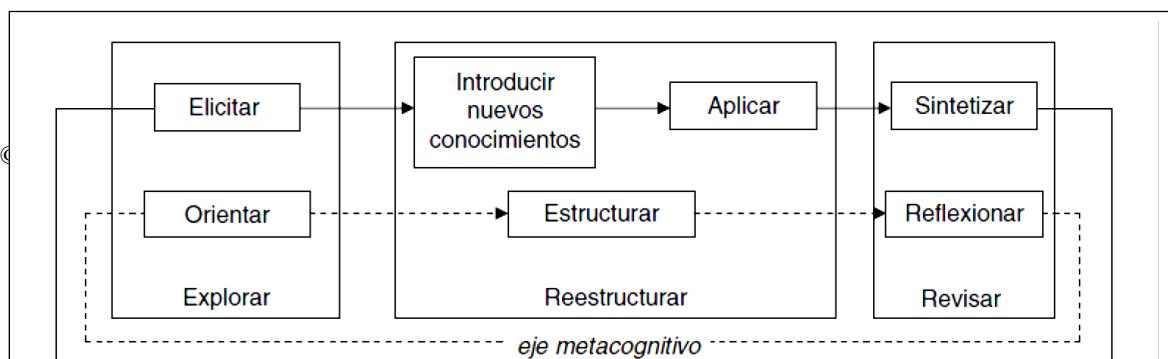


Figura 9. Esquema del ciclo de aprendizaje (Extraído de Marzábala, Rocha y Toledo, 2015)

Tal como se aprecia en la estructura del ciclo de aprendizaje de Marzábala, Rocha y Toledo (2015), este posee tres etapas: explorar, reestructurar y revisar. Explorar es el paso inicial que involucra la conexión con el contenido que se quiere enseñar, por lo tanto, se ponen a prueba los conocimientos previos. En esta etapa también pueden visualizarse e identificarse las concepciones alternativas frente a cambio climático, apuntando a las llamadas estructuras de acogida conocidas como “el conjunto de conductas, representaciones y maneras espontáneas de razonar del estudiante, y conforman la estructura donde se inserta y organiza el nuevo conocimiento que se adquiere” (Jorba y Sanmartí, 1994). La acción de elicitar que interpreto como lo que se lleva a cabo con actividades que “involucren la conexión entre un fenómeno conocido por el estudiante y su propia representación mental, en un ámbito comunicativo amplio que incite a los estudiantes a elicitar dichas estructuras”(Marzábala, Rocha & Toledo, 2015, p.213). Respecto al eje cognitivo y la acción de orientar, Marzábala et al. (2015, p.13) indica que “la parte orientadora y ejecutora de las actividades de aprendizaje dependerán de la apropiación de los objetivos, por lo que es importante dedicar tiempo a identificar y regular las representaciones que los estudiantes se hacen de ellos”, lo que desemboca en el identificar las respuestas a qué van aprender los estudiantes y para qué se va a aprender.

En la etapa de la reestructuración, dentro del mismo ciclo constructivista, los alumnos son sometidos a la introducción del nuevo conocimiento, por lo tanto, se presenta el nuevo conocimiento que se intenta enseñar a los alumnos con la finalidad de lograr la generalización y poder así “estructurar el nuevo conocimiento de forma que se establezcan relaciones entre las estructuras de acogida de los estudiantes y el nuevo conocimiento”(Marzábala et al., 2015, p.214). Una vez producida la generalización, el conocimiento debe verse enfrentado a nuevas situaciones problemáticas de dificultad creciente, que tendrán como consecuencia la puesta en marcha de habilidades científicas a modo de estrategias que permitan ser aplicadas a una diversidad de tareas, es por esto que dentro de secuencia de enseñanza aprendizaje, las actividades elaboradas tendrán énfasis en diversas situaciones problemáticas inherentes al cambio climático en todo ámbito que se vincule con términos que aludan a la física y el quehacer científico.

Para terminar, en la etapa de revisar se establece la síntesis de los conocimientos adquiridos a través de las actividades anteriores, permitiendo la reflexión sobre el proceso de enseñanza-aprendizaje que se promovió a través de la secuencia con foco en la enseñanza para la comprensión, de tal manera, como asegura Marzábala et al., que el estudiante sea “capaz de identificar sus dificultades y cómo las ha superado, para ser cada vez más eficaz en la

autorregulación del aprendizaje, así como verificar si ha logrado los objetivos que se plantearon inicialmente para su aprendizaje”(2015, p.214).

Finalmente, dentro del marco de la enseñanza para la comprensión, en cada una de estas etapas del ciclo se pueden incluir las llamadas rutinas de aprendizaje y protocolos (Ritchhart et al., 2006), los cuales se incluyen en la planificación dentro de los desempeños de comprensión, que corresponden a las actividades presentes en este enfoque. Del mismo modo, son ejemplos de actividades para la etapa de revisión: mapas conceptuales, V de Gowin, resolución de problemas, proyectos, elaboración de un diario de clase o bases de orientación, ya que “son actividades compatibles con el desarrollo de la cognición y metacognición al término de una secuencia didáctica”(Campanario, 2000).

Diseño de la SEA

Organización curricular

Esta unidad didáctica pretende propiciar en los estudiantes el aprendizaje a través de la comprensión de la unidad que vincula el clima con el cambio climático. La organización curricular a nivel de Mineduc anterior, se presenta en la tabla 3.

Tabla 3. Extracto de organización curricular del Mineduc vinculado con el tema de la SEA. Fuente: Bases curriculares 2015.

Eje temático	Ciencias Naturales: Física	
Objetivo de aprendizaje	<ul style="list-style-type: none"> • Demostrar, por medio de modelos, que comprenden que el clima en la Tierra, tanto local como global, es dinámico y se produce por la interacción de múltiples variables, como la presión, la temperatura y la humedad atmosférica, la circulación de la atmósfera y del agua, la posición geográfica, la rotación y la traslación de la Tierra. 	
Habilidad y procesos de investigación científica	Objetivo de aprendizaje Eje temático	Ejemplo de actividad
<ul style="list-style-type: none"> • Identificar preguntas y/o problemas. • Planificar una investigación no experimental y/o documental. • Discutir en forma oral y escrita las ideas para diseñar una investigación científica 	<ul style="list-style-type: none"> Demostrar, por medio de modelos, que comprenden que el clima en la Tierra, tanto local como global, es dinámico y se produce por la interacción de múltiples variables, como la presión, la temperatura y la humedad atmosférica, la circulación de la atmósfera y del agua, la posición geográfica, la rotación y la traslación de la Tierra. 	<ul style="list-style-type: none"> • Los y las estudiantes, utilizan sus conocimientos previos para discutir si los climas terrestres en una escala global, regional y local, han experimentado cambios a través del tiempo.
Actitudes		
<ul style="list-style-type: none"> • Manifestar pensamiento crítico y argumentar en base a evidencias válidas y confiables. • Cuidar la salud de las personas y ser consciente de las implicancias éticas en las actividades científicas. • Proteger el entorno natural y usar eficientemente sus recursos 		
Indicadores de evaluación		
<ul style="list-style-type: none"> • Explican las diferencias entre clima y tiempo atmosférico. • Relacionan el concepto de clima y tiempo atmosférico con variables atmosféricas como temperatura, presión atmosférica, vientos y humedad del aire, entre otras. 		

• Relacionan el concepto de clima y tiempo atmosférico con variables no atmosféricas, como latitud, altitud, vegetación y movimientos de la Tierra (rotación y traslación), entre otras.	
• Identifican evidencias que relacionan los climas local y global con las acciones de las personas.	
• Explican el concepto de cambio climático según se declara en la convención marco de las Naciones Unidas.	
Destinatarios	Estudiantes de séptimo básico
Temporalidad	5 sesiones (de 2 horas pedagógicas cada una)

La SEA desarrollada en este trabajo se enmarca dentro de la gran idea número 8 propuesta por el Mineduc: “Tanto la composición de la Tierra como su atmósfera cambian a través del tiempo y tienen las condiciones necesarias para la vida”(Ministerio de Educación de Chile, 2015). Por otra parte, la SEA se organiza a partir de los objetivos presentes en la tabla 4.

Tabla 4. Objetivos de la secuencia. Elaboración Propia.

Unidad Didáctica Física: Fuerza y Ciencias de la Tierra.	
Objetivo General	<ul style="list-style-type: none"> Diseñar e implementar una SEA que desarrolle en los estudiantes la comprensión acerca de las nociones científicas y conceptos clave en torno al cambio climático.
Objetivo de Específicos de la Secuencia	<ul style="list-style-type: none"> Analizar el ciclo de aprendizaje basado en los conceptos clave para la comprensión del cambio climático, a partir de la vinculación entre las validaciones externa e interna junto con los resultados obtenidos del test. Evidenciar los productos de los alumnos en cuanto a su aprendizaje visible según cada etapa del ciclo y según la secuencia de aprendizaje. Documentar los conocimientos previos de los alumnos además de los conocimientos adquiridos a través de la SEA. Comprobar el aprendizaje adquirido por los estudiantes en torno a cambio climático. Visibilizar los conocimientos previos y adquiridos a través de representaciones gráficas (dibujos) de los estudiantes.

Ciclo de Aprendizaje y la SEA

Los objetivos específicos de la secuencia se llevarán a cabo bajo las etapas del ciclo de aprendizaje de Marzábala, Rocha y Toledo (2015), que contempla tres etapas:

- Explorar
- Reestructurar
- Revisar

Cada una de estas etapas se explicitarán en la planificación docente a través de los desempeños de comprensión, que es el nombre que adquieren las actividades en el enfoque de la enseñanza para la comprensión. El siguiente esquema corresponde a la planificación de actividades de la SEA.

Planificación general de desempeños de comprensión de la SEA

La tabla 5 muestra la planificación de las sesiones de clases donde se aplicó esta SEA. Cada una de estas actividades se van entremezclando con las llamadas “rutinas de pensamiento”(Ritchhart et al., 2006) las cuales complementan el trabajo desarrollado con las

actividades. Los desempeños de comprensión enmarcan a las actividades presentes en esta SEA, logrando unir las metas de comprensión y dar paso a cómo se realizará la retroalimentación a los estudiantes a través de la valoración continua. El detalle de la planificación clase a clase se puede encontrar en el anexo 3.

Tabla 5. Planificación resumen de las actividades de la SEA. Fuente: Elaboración propia

MC /tiempo estimado	Etapa del ciclo	Desempeños de comprensión secuencia de SEA
MC 1 3 horas	Explorar	Actividad previa (conocimientos previos) ¿Qué piensas o sabes acerca del cambio climático o calentamiento global?
	Reestructurar	Guía: Imágenes de paisajes para comparación. Rutina: “Comienzo de preguntas”
MC 1 MC2 3 horas	Revisar	Guía: “Niño que formó su propia ONG contra el calentamiento global” Guía: “El abuelo y sus nietos diferencian entre tiempo y clima”.
MC 3 2 horas	Revisar	Video breve acerca del “Efecto Invernadero” Guía: “El efecto invernadero en nuestro Sistema Solar
	Explorar	Guía: “¿Son fiables los modelos predictivos?”
	Reestructurar	Guía: “Sobre la incertidumbre en la ciencia” Rutina: “Construyendo significado”
	Revisar	Rutina: “Iluvia de ideas”
MC 4 2 a 3 horas	Explorar	Observación Documental “El cambio climático explicado”.
	Reestructurar	Rutina: “Ver, pensar preguntarse” Rutina: “Conversación Sobre el papel”
	Revisar	Guía: “Grolin”

A luz de las ideas anteriores nos preguntamos: ¿Cuál es el efecto de la implementación de la secuencia de enseñanza-aprendizaje basada en la enseñanza para la comprensión en el aprendizaje acerca de cambio climático? El objetivo general de la investigación: Evaluar el efecto de la secuencia de enseñanza aprendizaje basada en EpC vinculada con el aprendizaje de los estudiantes acerca de cambio climático de séptimo básico del Colegio Cordillera. Los objetivos específicos de la investigación son:

- Recopilar, desde la práctica y la teoría, cuáles son las concepciones alternativas de los alumnos de 7º Básico en relación al cambio climático o calentamiento global.
- Comprobar el efecto de las actividades de la SEA en las preguntas de opinión de los estudiantes acerca de cambio climático.
- Evaluar el efecto en el aprendizaje de los conceptos de cambio climático presentes en la SEA a partir de la ganancia de aprendizaje presente en el factor G de Hake.

La hipótesis de investigación (H1) y la hipótesis nula (H0) son:

- H1: La implementación de la secuencia de enseñanza-aprendizaje basada en la enseñanza para la comprensión tendrá como efecto una variación en el nivel de aprendizaje acerca de cambio climático en los alumnos de séptimo básico del Colegio Cordillera.
- H0: La implementación de la secuencia de enseñanza-aprendizaje basada en la enseñanza para la comprensión no tendrá como efecto una variación en el nivel de

aprendizaje acerca de cambio climático en los alumnos de séptimo básico del Colegio Cordillera.

Para los estudiantes es natural y habitual trabajar en forma colaborativa en función de las actividades relacionadas con el enfoque pedagógico de la Enseñanza para la comprensión. Los alumnos poseen conocimientos previos suficientes acerca de cambio climático para poder responder en forma íntegra el pre test presente en esta SEA.

METODOLOGÍA

Contexto de la recolección de datos.

El test fue administrado por el autor de esta SEA y respondido por estudiantes de 7º básico pertenecientes al Colegio Cordillera ubicado en la comuna de Las Condes (ver anexo 9). Estos cursos, 7ºA y B, cuentan con 30 y 29 alumnos en total, respectivamente de los cuales sólo 28 fueron parte de la investigación inherente a esta SEA, debido a la ausencia de los estudiantes por motivos de salud y familiares. El test, pre y post, fue aplicado en el contexto de la clase de Física que se realizó sólo durante el segundo semestre, ya que durante el primer semestre se realizaron las clases de Química.

Método de recolección de datos y tipo de metodología.

Para realizar la investigación presente en la SEA se utilizó un pre y post test (cuestionario) sobre la base de una investigación cuantitativa descriptiva de estudio correlacional-experimental de tipo cuasiexperimental, tomando en consideración que se aplicó el mismo test (ver anexos) a un grupo experimental y a un grupo de control. Por otro lado, el instrumento de recolección de datos (cuestionario) fue modificado y adaptado mostrando las siguientes características:

- Se seleccionaron 17 preguntas de las 57 preguntas en total del test original obtenido desde el reporte denominado “Americans’ Knowledge of Climate Change” (Leiserowitz ,Smith, Gaddis, Fernández & Read, 2010).
- Está compuesto por 47 preguntas de alternativa.
- Existen 16 preguntas con valoración 0 y 1, mientras que el resto se graduaron entre 0 y 4 puntos máximo. 1 y 4 son las graduaciones para una respuesta correcta mientras que 0 es la puntuación de respuesta incorrecta.
- El test fue traducido en forma íntegra de inglés a español por el autor de este trabajo.
- Algunas afirmaciones presentes en las preguntas fueron convertidas en alternativas con versiones: A, B, C, D ó E; A, B, C, D, E ó No sé la respuesta; A, B ó C; A ó B; A, B, C ó D; A, B, C, D, E ó F (otros).
- En la pregunta 4, vinculada con la percepción acerca de cambio climático, se brindó la opción de agregar respuesta escrita como alternativa f). Esta alternativa no se marca en la hoja de respuesta entregada a los alumnos que participaron de este piloto. Algo similar ocurre en la pregunta 20, donde a las alternativas A, B, C, D ó E se agrega la alternativa “No sé la respuesta”.
- Las preguntas 1, 2, 3 y 4 se escogieron para explicitar la percepción acerca de la existencia del cambio climático en la actualidad en los conocimientos de los estudiantes de 8º básico y con proyección a la aplicación para alumnos de 7º básico. En el caso de

la pregunta 4 se apunta específicamente a la causa principal respecto al calentamiento global.

- Específicamente las preguntas 1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18 y 19 hacen alusión a la percepción (opinión) acerca de la existencia del cambio climático.
- Mientras que el resto de las preguntas apuntan hacia el conocimiento de este fenómeno con repercusión a nivel local y global (también ver anexo 13).

Operacionalización de las variables.

Las variables que se busca operacionalizar a través del uso de este test es el nivel de aprendizaje. También del test se espera obtener percepción acerca del cambio climático. En el caso de las preguntas que aluden al conocimiento vinculado con cambio climático, serán utilizadas para obtener el nivel de aprendizaje a través del factor llamado “ganancia de aprendizaje” enunciado como “G de Hake” (Hake, 1998). En consecuencia, la variable “nivel de aprendizaje” se operacionaliza de la siguiente forma: El nivel de aprendizaje corresponderá al valor de la ganancia de aprendizaje obtenido a partir del índice G de Hake que surge desde el puntaje de respuestas correctas asociado al pre y post test. Además, el factor o índice G de Hake (Hake, 1998) se calcula a partir del modelo matemático de la figura 11.

$$g = \frac{\text{postest}(\%) - \text{pretest}(\%)}{100 - \text{pretest}(\%)}$$

Figura 11. Modelo matemático de G de Hake. (Fuente: Salazar Castañeda, Carmona Ramírez, & Mesa, 2018)

Tomando en cuenta los valores de “g”, se graduará el nivel de aprendizaje en base a los siguientes niveles:

Baja ($g \leq 0,3$)
Media ($0,3 < g \leq 0,7$)
Alta ($g > 0,7$)

Figura 12. Niveles de aprendizaje a partir de factor de Hake. (Fuente: Salazar Castañeda et. al., 2018)

En definitiva, como se aprecia en la figura 12, si el resultado es menor o igual a 0,3 el nivel de aprendizaje será bajo. Por otra parte, si el nivel de aprendizaje es mayor a 0,3 y menor o igual a 0,7 el nivel de aprendizaje será medio. Finalmente, si el índice g está por sobre 0,7 el nivel de aprendizaje será alto.

Resultados

Nivel de aprendizaje a través de G de Hake

Una vez diseñada la SEA, esta se implementó íntegramente en el 7ºB, mientras que en el 7ºA se llevó a cabo parcialmente mediante algunas actividades de la SEA sin el enfoque de enseñanza para la comprensión.

A partir de la aplicación del test y post test en torno a cambio climático, en ambos cursos, se aplicó el indicador estadístico de G de Hake para medir el efecto de la SEA en el nivel de aprendizaje. El indicador G de Hake, muestra que el 7ºB, donde se implementó íntegramente la SEA, adquirió un nivel medio en el nivel de aprendizaje en comparación con el nivel bajo alcanzado por el 7ºA, tal como se puede apreciar en la tabla 6.

Tabla 6. Indicador de aprendizaje G de Hake por cursos. Fuente: Elaboración propia

G DE HAKE	
7ºA	7ºB
0,1864	0,3390

Para calcular el G de Hake se hizo uso solo de las preguntas dicotómicas del test, considerando las preguntas 1, 4, 9, 10 y desde la 20 hasta la 47, debido a que todas estas preguntas hacían mención al conocimiento acerca de cambio climático. La pregunta 20 se excluyó de estos resultados, ya que su formato de respuesta implicaba un método distinto, dando como resultado solo un caso de respuesta correcta en el pre test en comparación con los dos estudiantes, en el post test, que escogieron los tres gases de efecto invernadero: dióxido de carbono, metano y vapor de agua.

Preguntas de opinión acerca del conocimiento adquirido

En el mismo test las preguntas 2, 3, 5, 6, 7, 8, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18 y 19 tienen relación con la opinión de los estudiantes en torno al proceso de adquisición de conocimientos respecto a cambio climático. Las opciones de respuestas de los estudiantes estaban dispuestas en escala formato Likert como se observa en la tabla 7.

Tabla 7. Preguntas tipo Likert y sus indicadores de gradualidad. Fuente: Elaboración propia

Preguntas	2 y 3	5, 6, 7 y 8	11, 12, 13, 14 15, 16 17 18 y 19
Indicadores de gradualidad	No del todo seguro Extremadamente seguro Muy seguro Algo seguro	Muy bien informado Bastante bien informado No muy bien informado No tengo ninguna información	Mucho Algo Un poco Casi nada No lo sé

Esta variable “opinión”, aunque no es parte del problema de investigación, permite reforzar el análisis del proceso de enseñanza aprendizaje inherente al indicador del nivel de aprendizaje a partir de la SEA implementada.

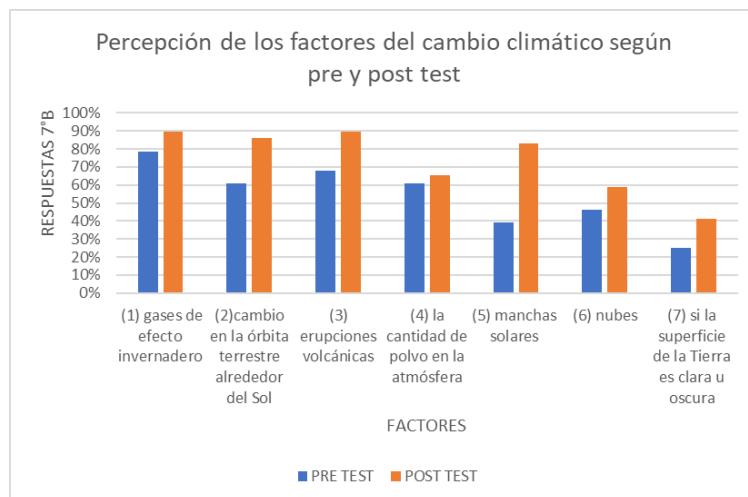


Figura 13. Factores del cambio climático y el porcentaje de respuesta de los estudiantes de 7ºB en cuanto a la percepción de influencia de los distintos factores.

En la figura 13 se muestra la forma en que se midió la opinión, en si, mediante la media de respuestas frente a los distintos factores del cambio climático. En específico, estos datos se cifraron de forma porcentual desde la media de las respuestas en los grados “mucho”, “algo” y “un poco” asociadas a las preguntas 11 a la 18 (excepto 17). Además, para estas mismas preguntas, se contemplan siete factores del cambio climático a través del calentamiento global. En el gráfico de la figura 13 se puede observar que la percepción en cuanto a todos los factores aumentó. Los mayores aumentos están presentes en el factor 5, con un 44% y en el factor 2 con un 25%, es decir, manchas solares y cambio en la órbita terrestre alrededor del Sol. Se debe clarificar que los factores que no influyen en el cambio climático están asociados a las preguntas 17 y 19; estos factores son los temblores y las fases de la Luna. Además, se puede apreciar que el factor de menor variación entre pre y post test. Junto a lo anterior, se observa que el factor 7 es el más bajo de percepción. Respecto a la escala Likert que se ve en la figura 12, el resultado entre pre y post test para la opinión de los estudiantes con relación a los factores del cambio climático se hace patente en la figura 13.

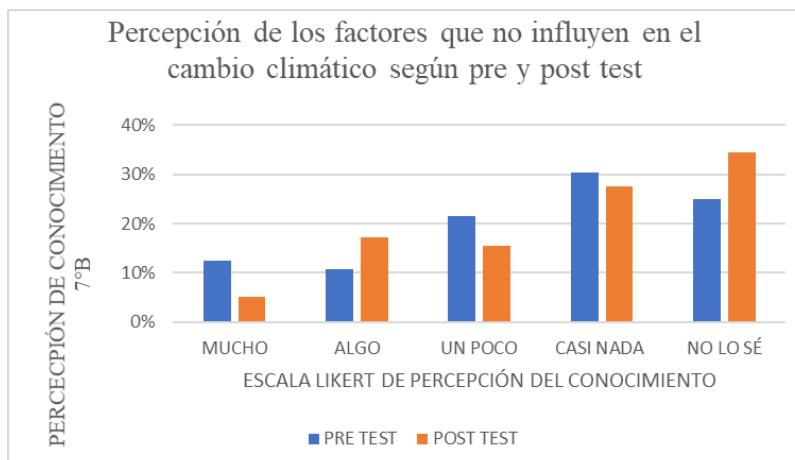


Figura 14. Media de respuestas en escala Likert de la percepción del conocimiento acerca del cambio climático y el grado de percepción de los estudiantes de 7°

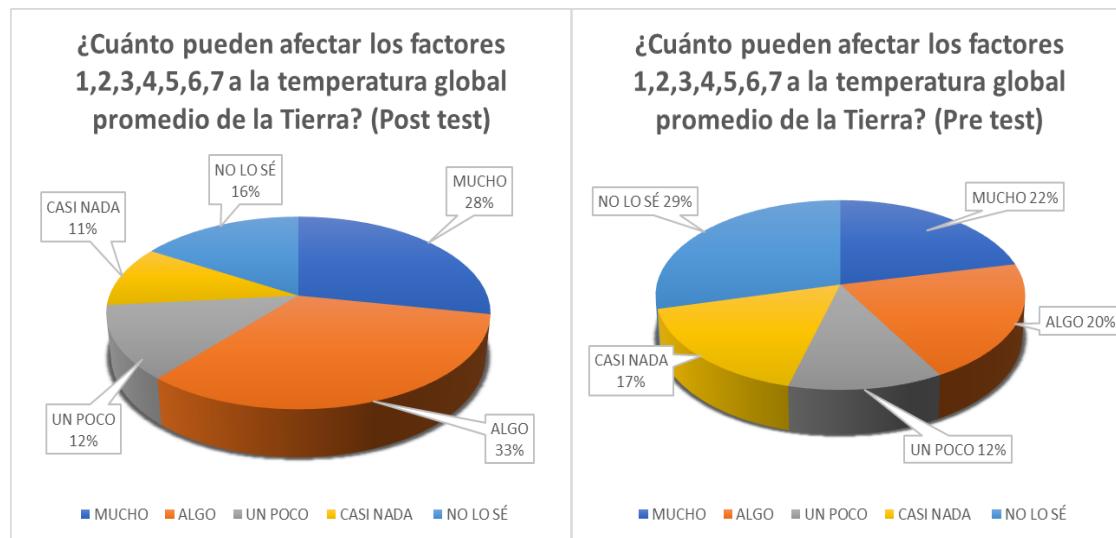


Figura 15. Media de respuestas en escala Likert, en pre y post test, de la percepción del conocimiento acerca del cambio climático en relación a los factores del cambio climático en el 7°.

Fuente: elaboración propia.

Desde la figura 14 se puede observar que las percepciones, entre pre y post test, “algo” y “mucho” aumentan en 13 y 6 puntos porcentuales, respectivamente. Por otra parte, la percepción “no lo sé” disminuye un 13%, mientras que la percepción “casi nada” disminuye 6 %, demostrando variaciones entre cuatro de los cinco grados Likert de percepción, a diferencia de la percepción “un poco” que se mantiene en el mismo 13% entre ambos test.

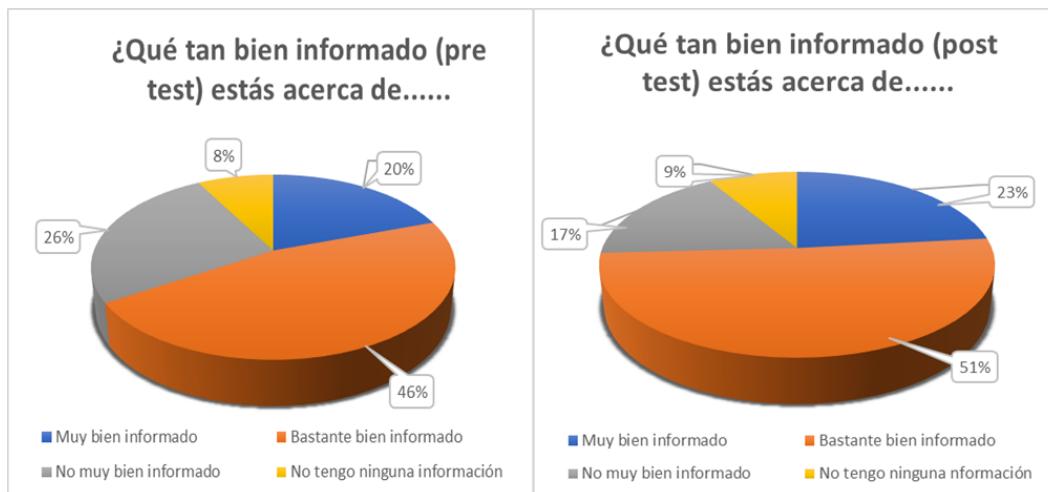


Figura 16. Media de respuestas en escala Likert, en pre y post test del 7°, de la percepción de información adquirida. Fuente: elaboración propia.

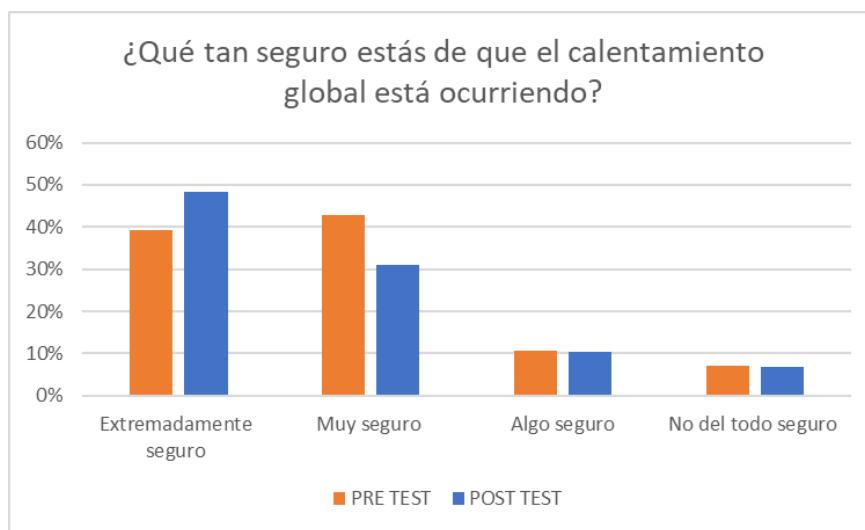


Figura 17. Respuestas en escala Likert, en pre y post test del 7ºB, acerca de la percepción de ocurrencia del calentamiento global. Fuente: elaboración propia

En la figura 16 se logra observar que el aumento de la percepción “de qué tan bien informado estás acerca de...” se va incrementando en “Bastante bien informado” (5%), “Muy bien informado” (3%) y “No tengo ninguna información” (1%). En cambio, va en detrimento, para “No muy bien informado”, en un 9%. En los resultados de la figura 17 no se logra observar aumentos entre pre y post test, excepto en la opción “extremadamente seguro” que sube en un 9%. Asimismo “Algo seguro” disminuye levemente en un 1%, mientras que “No del todo seguro” se mantiene sin modificaciones en el 7%. Finalmente, “Muy seguro”, a diferencia de las opciones anteriores, disminuye en un 11%, convirtiéndose en la mayor variación dentro de esta pregunta. Finalmente, en cuanto a las concepciones alternativas presentes en el test, el rango de preguntas 29 hasta la 40 incluyó este ámbito. Específicamente las preguntas 33, 34, 35, 36, 37, 38 y 39 hacen alusión a los factores que no contribuyen directamente al calentamiento global como factor principal del cambio climático. Los resultados por pregunta entre pre y post test del 7ºB se muestran en la tabla 8.

Tabla 8. Resultados de pregunta alusiva a concepciones alternativas en pre y post test. Fuente: elaboración propia.

¿Cuánto contribuye cada uno de los siguientes elementos al calentamiento global?						
nº	Elemento a evaluar	Opción (es) Correcta(s)	PRE TEST		POST TEST	
			% respuestas correctas	Repuestas por alternativa	% respuestas correctas	Repuestas por alternativa
33	el agujero de la capa de ozono	D	0.0	A:75% B:4% C:7% E:14%	3.3	A:73% B:20% E:3%
35	lluvia ácida	D	7.1	A:4% B:11% C:11% E:29%	10.0	A:47% B:13% C:10% E:20%

36	tarro de aerosol	B ó C ó D	46.4	A:32% C:4% D:11% E:21%	63.3	A:20% C:27% D:10% E:17%
37	desechos tóxicos	D	10.7	A:50% B:14% C:11% E:14%	3.3	A:63% B:23% C:3% E:7%
38	planta de energía nuclear	D	6.9	A:43% B:11% C:11% E:29%	16.7	A:4% B:23% C:3% E:13%
39	el programa espacial	D	17.9	A:11% B:11% C:4% E:57%	16.7	A:13% B:3% C:20% E:47%

Para observar los resultados de la tabla 8, se recuerda que las alternativas A hasta la E representan la gradualidad de escala Likert “Mucho”, “Algo”, “Un poco”, “Casi nada” y “No lo sé”, respectivamente. Uno de los resultados que se manifiesta en la comparación de alternativas “No lo sé” hace alusión a que en todos los elementos contemplados existe una disminución porcentual. Por otro lado, los “desechos tóxicos” y “el programa espacial” son dos elementos que presentan disminución porcentual en sus respuestas correctas, disminuyendo en 7.4 % y 1.2%, respectivamente. El orden decreciente respecto a las respuestas correctas de los elementos es: agujero de la capa de ozono, lluvia ácida, tarro de aerosol y planta de energía nuclear; todos presentan aumentos que van desde 2.9 (lluvia ácida) hasta 16.9 (tarro de aerosol).

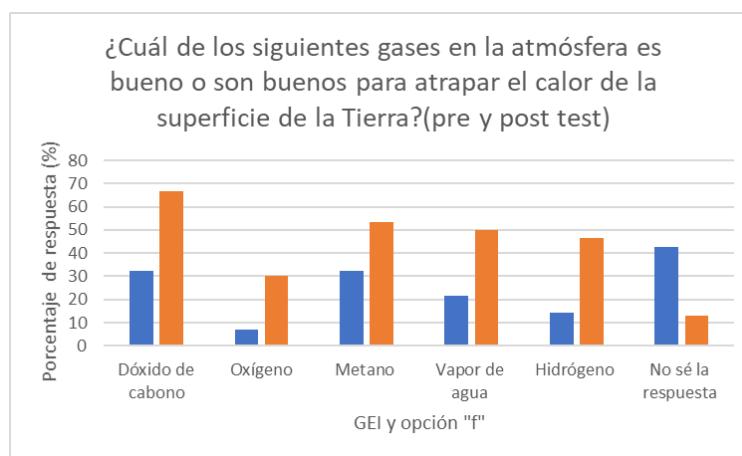


Figura 18. Respuestas para la pregunta 20, en pre y post test del 7ºB. Fuente: elaboración propia.

En el gráfico de la figura 18 se puede observar que todos los gases fueron reconocidos como buenos para atrapar el calor de la superficie de la Tierra en ambos test, seguidamente la alternativa “No lo sé” es la única que desciende en su porcentaje de respuesta entre pre y post test. Los aumentos de porcentaje de respuesta entre pre y post test en orden descendente

son: Dióxido de carbono (34,53 %), Hidrógeno (32,39 %), vapor de agua (28,58%), Oxígeno (22,85%) y Metano (21,2%).

Discusión

El indicador de G de Hake muestra que el nivel de aprendizaje aumentó comparativamente entre los cursos a favor del curso 7ºB donde se aplicó la SEA. Este resultado reviste importancia a modo de evidencia acerca del efecto de la implementación de la SEA de cambio climático. Como el proceso de medición de variables asociadas a la investigación de la SEA implica la evaluación a través del estadístico G de Hake, también se puede asegurar que este efecto está vinculado con el aprendizaje dentro del contexto de contenidos enmarcados en el cambio climático. Cabe destacar que, aunque hubo un avance en el G de Hake, el 7ºB solo alcanzó el nivel medio dentro del rango de medición para G, por lo tanto, desde aquí se desprenden algunas limitaciones que afectaron el logro de un indicador G en nivel alto.

Por otra parte, se observa que los estudiantes poseen conocimientos previos respecto a cambio climático, debido a que los factores: (1) Gases de efecto invernadero en la atmósfera, (2) Cambio en la órbita terrestre alrededor del Sol, (3) Erupciones volcánicas y (4) La cantidad de polvo en la atmósfera, se encuentran sobre el 50% de percepción de conocimiento. Respecto a posibles factores del cambio climático, en la Segunda Encuesta Nacional del Medio Ambiente con una muestra de personas mayores a 18 años, los resultados indicaron que los principales problemas ambientales que se perciben en Chile son: la contaminación del aire (33% del total de los encuestados), seguido por la basura en las calles (19%) y la contaminación en general (8%) (Ministerio del Medio Ambiente, 2016). Si se conectan estos resultados con el estudio de percepción acerca de cambio climático presente esta SEA, se puede aseverar que el mismo hecho de implementar esta SEA y sus actividades, permiten mantener o aumentar los resultados, entre pre y post test, que se observan en la figura 20. En este aspecto, el indicador de la escala Likert que aumentó fue “extremadamente seguro”, haciendo que disminuyera el indicador “Muy seguro”, mientras que los indicadores “No del todo seguro” y “algo seguro” están un punto porcentual sobre o bajo el 10%, indicando que tras la aplicación de la SEA, se logró reforzar la percepción de la ocurrencia de este fenómeno, aunque se desataca que existen casos de estudiantes que no lograron internalizar la ocurrencia del cambio climático ni siendo parte de esta SEA.

En el rango de preguntas desde la 11 hasta la 19 se incluyeron dos preguntas que tienen la misma puntuación de gradualidad desde 1 hasta 4, pero invertida respecto al resto de preguntas de esta serie, es decir, 1 indica el grado “mucho” y 4 indica el grado “Casi nada”, mientras que 0 coincide con el grado “No lo sé”. Esto se debe a que se tomó la decisión metodológica de diferenciarla solo a través de la puntuación inversa respecto a las otras preguntas. En consecuencia, estas dos preguntas de la serie se analizaron en forma independiente del resto de preguntas como se puede apreciar en la figura 14. Por ende, el aporte de estas preguntas es indagar en cuánto reconocen los estudiantes que estos factores no influyen en el cambio climático, a partir de la evidencia científica tratada en el marco de las sesiones de la SEA. Una vez explicitados los resultados del pre y post test se observan ascensos y descensos en cada percepción de la escala Likert, donde los mayores porcentajes de respuesta están relacionados con “casi nada” y “no lo sé”. Esto irregularidad en el pre y

post test, está asociado a que no hubo dentro de la SEA una sesión o actividades específicas vinculadas con estos dos factores, sólo se mencionó dentro de las sesiones de reflexión de la SEA, sin establecer un nexo con informes científicos, resultados de investigaciones o informes que dieran cuenta de la no influencia de los temblores y las fases de la Luna en el cambio climático.

En el contexto de las concepciones alternativas que se presentan dentro del rango de preguntas desde la 33 hasta la 39, los porcentajes de respuestas según las opciones consideradas correctas están en un porcentaje bajo el 50%, lo que confirma que a través de esta SEA se logró un avance en la percepción de los elementos que más contribuyen al calentamiento global y, por ende, al cambio climático, aunque no se hizo énfasis en derribar específicamente estas concepciones, sino se aludió a estas sobre la conexión como causas o no del cambio climático para el aporte o no a la emisión de GEI. Por otra parte, un 73% de los estudiantes sigue pensando que el agujero de la capa de ozono contribuye mucho al calentamiento global, lo que en las sesiones de la SEA se percibió como alta resistencia al cambio de idea, de forma tal que, coincidiendo con Boyes y Stanisstreet (1992) y Meira (2006), los alumnos confundieron las causas y las consecuencias del cambio climático con el adelgazamiento de la capa de ozono.

En tanto, el elemento lluvia ácida aumentó en un 43% para la opción “Mucho”, estableciendo que primó la concepción alternativa de la influencia de la lluvia ácida, donde la asociación principal resultó en percibir, por parte de los estudiantes, que la lluvia ácida contribuye al calentamiento global por relacionarse con efectos dañinos para el medio ambiente. Se asume que las concepciones alternativas indagadas desde un ámbito parcial en esta SEA, y a través del instrumento de medición, se interpretan, como lo han hecho Black y Lucas (1993); Driver, Guesne y Tiberghien, (1985); Osborne y Freyberg, (1985); Pozo y Carretero, (1987); Pozo et al., (1991) “como construcciones personales, relativamente incoherentes, resistentes al cambio, de carácter implícito, compartidas en diferentes culturas y contextos y con un cierto paralelismo con concepciones abandonadas en la Historia de las disciplinas” (Pozo, 1996, p 111). En el caso de los tarros de aerosol, se consideraron tres opciones de respuestas, porque en la SEA se incluyó en la reflexión de los gases GEI a los CFC’s, los cuales efectivamente son componentes de los tarros de aerosol, aunque a través de los años se ha regulado su uso, provocando incluso que grupos de industrias relacionadas con la producción de estos gases se opusieran, “alquilando científicos para contrarrestar a la teoría casi unánimemente aceptada, mientras ganaban tiempo para encontrar sustitutos de los gases incriminados” (Sacchetti & Flores, 2010, p.51). Para el caso de los desechos tóxicos, los estudiantes comentaban en las reflexiones dentro de las sesiones que si contamina el medio ambiente pasa a formar parte de un elemento generador de calentamiento global con su efecto en el cambio climático, por lo tanto, se observa, a partir de la observación anterior, que los estudiantes optaron, en su mayor parte, por las alternativas que indican “Mucho” y “algo”, alcanzando un 86% entre ambos. Para la situación de las plantas de energía nuclear, contaban con el hecho que los desechos radiactivos son efectivamente contaminantes, aunque no necesariamente un elemento de influencia directa en el cambio climático, contemplando también que los desechos podrían generar cambios en el ecosistema que, a su vez, podría provocar cambios en el clima de una región. Esta línea de razonamiento tuvo consecuencias en la disminución en un 39 % de la opción “Mucho” para cambiar a la opción “Algo” y la

opción “Casi nada” (considerada las más cercana a lo correcto) con un aumento de 9.8%. Por último, el programa espacial no tuvo mayores cambios, ya que dentro de la SEA no fue una de las prioridades en las actividades de reflexión, lo cual llevó que en el post test comentaran no tener una clara idea de qué aspecto tomar en consideración para evaluar si efectivamente contribuía al cambio climático; principalmente el aspecto considerado para responder guardó relación con la emisión de gases en el despegue y vuelo.

Desde el punto de vista de los gases que generan efecto invernadero, en el test se preguntó aludiendo a la funcionalidad de estos gases en la atmósfera de forma coloquial con la pregunta “¿Cuál de los siguientes gases en la atmósfera es bueno o son buenos para atrapar el calor de la superficie de la Tierra? Tomando en cuenta esta pregunta, se demuestra que los estudiantes asocian con mayor certeza los gases que aparecen en el test a la funcionalidad planteada, empero no diferencian cuáles son concretamente los gases que generan efecto invernadero a partir de la forma de la pregunta. Esto se comprueba con el orden de decreciente en las respuestas, observa que el gas con mayor cantidad de respuestas es Dióxido de carbono (34,53 %), Hidrógeno (32,39 %), vapor de agua (28,58%), Oxígeno (22,85%) y Metano (21,2%), en comparación con la respuesta correcta que corresponde a Dióxido de carbono, vapor de agua y Metano en los primeros tres lugares, sin orden de preferencia, debido a que solo se pidió reconocerlos como gases capaces de atrapar el calor. Con todo, los porcentajes obtenidos para respuesta en este caso, implican distintas combinaciones de respuestas con más de dos gases, en relación al pre test, donde se obtuvieron respuestas con reconocimiento de un solo gas. Se muestra una investigación didáctica con resultados más orientados en el reconocimiento de los gases de efecto invernadero dentro del estudio de Versprille et al. (2017). En este estudio se realiza una serie de sesiones en torno específicamente a contenidos de cambio climático en directa relación con los gases de efecto invernadero donde se obtuvieron resultados que permiten asegurar la identificación de estos gases tal como se aprecia en la figura 19.

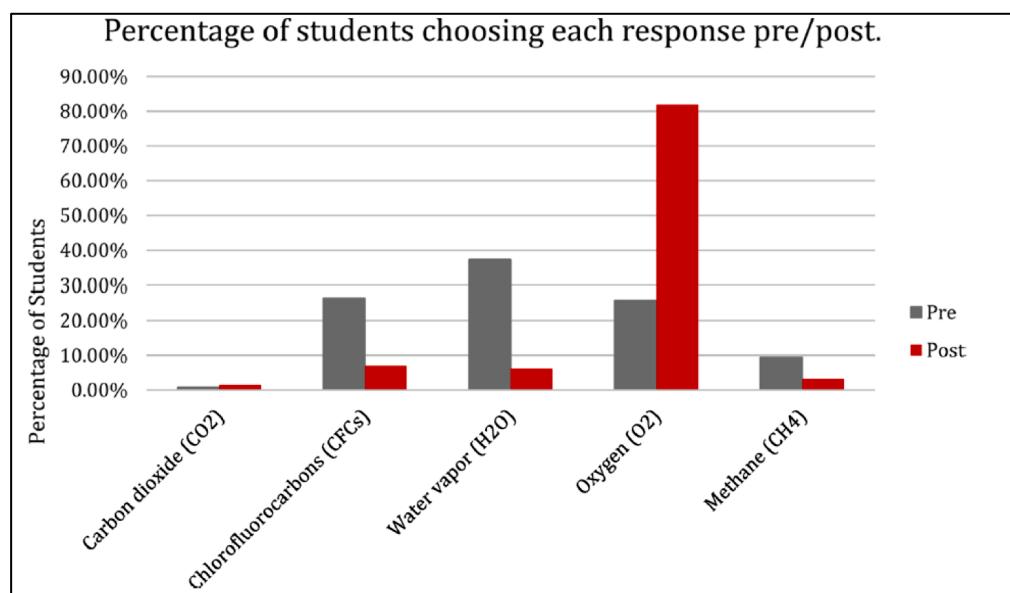


Figura 19. Título: Porcentaje de estudiantes que elige cada respuesta en el pre y post; eje vertical: porcentaje de estudiantes; eje horizontal (de izquierda a derecha): dióxido de carbono, Clorofluorocarbonos, vapor de agua, Oxígeno y Metano. Fuente: (Versprille et al., 2017,p. 412)

Finalmente, cabe destacar que al comparar el test utilizado en esta SEA y el test asociado a la investigación de Versprille et. al. (2017) en cuanto a cómo se pregunta acerca de la identificación de dichos gases, en el test adaptado y traducido de esta SEA de hace uso de dos gases (Hidrógeno y Oxígeno) que no tienen la capacidad de atrapar el calor, además se da la opción “No sé la respuesta” conformando un total de seis alternativas, en cambio, en el otro test se disponen cinco opciones de las cuales todas son gases de efecto invernadero a excepción del Oxígeno, disminuyendo la posibilidad de optar por las respuestas correctas.

Conclusiones

La implementación de esta SEA implicó la aplicación de una serie de actividades enmarcadas en el enfoque didáctico de la enseñanza para la comprensión, en torno a los conceptos claves que fueron seleccionados para realizar la sesiones acerca del cambio climático como eje central. Fue así como el nivel de aprendizaje de los estudiantes del 7º B (grupo experimental) del Colegio Cordillera, medido a través del indicador G de Hake, aumentó respecto al 7º A (grupo de control). Esto permite aseverar que el efecto de la implementación de la SEA fue incrementar el nivel de aprendizaje de los estudiantes de 7º en el marco de la Enseñanza para la Comprensión acerca de cambio climático.

Respecto a los objetivos de investigación, se logró evaluar el efecto de la SEA sobre la base del Indicador de G de Hake y las respuestas de opinión o percepción acerca de cambio climático en los estudiantes de 7º básico. Se recopiló información acerca de las concepciones previas durante el pilotaje de actividades con alumnos de 8º básico que no sólo permitió validar internamente las actividades, también la modificación de las mismas para la mejor implementación durante las sesiones con 7º básico. Los efectos de la SEA se pueden notar en las respuestas de opinión de los estudiantes tal como se describió en los resultados y se discutió posteriormente. Aunque la ganancia de aprendizaje no llegó a los estándares de nivel alto, aun así, se avanzó del nivel bajo al nivel medio, lo que involucra reconocer el efecto de la SEA en el curso experimental en comparación con el grupo control. A partir de lo que puede generar mayores niveles de aprendizaje en este ámbito de la enseñanza en torno a cambio climático, coincidió con lo que asegura Marzetta (2017) que cuando los estudiantes logran vivir una experiencia directa en torno impactos del cambio climático, no sólo aumenta su sentido de urgencia respecto al tema, además aumenta su alfabetización sobre el cambio climático, pareciendo que la experiencia de primera fuente y en persona se relaciona con el sentido lógico para ellos, siendo aún más impactante que acceder desde lo conceptual.

Los resultados obtenidos permiten corroborar la hipótesis de investigación, desechando la hipótesis nula, respecto a si la implementación de la secuencia de enseñanza-aprendizaje basada en la enseñanza para la comprensión tendría como efecto la variación del nivel de aprendizaje acerca de cambio climático en los alumnos de séptimo básico en el Colegio Cordillera; debido a que la implementación de la SEA en el grupo experimental permitió evidenciar un avance y diferencia (variación) en el nivel de aprendizaje cifrado en el indicador de ganancia de aprendizaje mayor de este grupo en comparación con el grupo de control ambos del Colegio Cordillera.

Frente a los supuestos, efectivamente para los estudiantes de 7º básico es natural y habitual trabajar en forma colaborativa, dado que no hay inconvenientes en formar rápidamente los grupos, observándose un trabajo sostenido durante las sesiones de la SEA. En tanto que algunas de las actividades relacionadas con el enfoque pedagógico de la Enseñanza para la comprensión, como los son las rutinas de pensamiento, requirieron mayor tiempo del estimado para ser modeladas y realizadas de manera efectiva por los estudiantes del grupo experimental (ver anexo 14). Por otra parte, los estudiantes poseen conocimientos previos suficientes acerca de cambio climático para poder responder en forma íntegra al pre test presente en esta SEA, en consecuencia, principalmente se presentaron consultas en torno al formato de las preguntas del test (ver anexo 13). De ello resulta necesario admitir, que ante la duda de los estudiantes frente al contenido que se necesitaba poseer para responder a las preguntas, las opciones “No sé”, “No lo sé”, “No sé la respuesta”, “No del todo seguro” y “No tengo ninguna información” abrieron un espacio de seguridad para los estudiantes que demostró la connotación investigativa del test.

Si bien la metodología de enseñanza del enfoque de enseñanza para la comprensión permitió favorecer el desarrollo de trabajo colaborativo, el pensamiento profundo y la reflexión, no permitió, según los resultados del test, alcanzar una ganancia de aprendizaje a nivel alto (igual o mayor a 0,7), junto a opiniones acordes sobre un 50 % a todos los elementos que influyen, o no, en distinto grado en los impactos del cambio climático o el calentamiento global.

En definitiva, el diseño, la implementación y el análisis de esta SEA en 7º básico dentro de un contexto escolar de enseñanza academicista y tradicional, como en el Colegio Cordillera, ha dado evidencia de una alternativa didáctica innovadora, de tal manera que se generen instancias para que surjan cambios a nivel de enseñanza de las ciencias naturales en concordancia con nuestra forma de aportar a la mitigación del cambio climático, debido a que se “confirma que el cambio climático va más rápido que nosotros y se nos está acabando el tiempo”(Nullis & Oficina de Comunicación y de Relaciones Públicas de la OMM, 2018, p.4). Por otro lado, al trabajo de esta SEA con niños de 7º básico en el ámbito de enseñanza del cambio climático, se transforma en un elemento intergeneracional para el aprendizaje que nazca de una enseñanza medioambiental tal como se afirma en la investigación de Lawson et al.(2019), donde este aprendizaje intergeneracional representa un camino prometedor para generar preocupación por el cambio climático entre ciudadanos, independiente de sus diferencias socioideológicas. De la misma manera, la educación sobre el cambio climático promueve la preocupación por este y se generan cambios en los comportamientos de los niños en torno al cambio climático con el propósito que, desde y entre ellos, surjan nuevas formas de mitigación. Para finalizar, se sabe que los niños influyen en sus padres en un conjunto de temas socio-ideológicamente establecidos, por lo tanto, los niños pueden hacer incursiones similares con los temas cruciales acerca del cambio climático.

Limitaciones

Una de las limitaciones de la investigación presente en esta SEA, apunta al alcance de los resultados sobre la base del número de la muestra, lo que impediría la generalización de sus resultados para otras realidades educativas. De hecho, la muestra sobre la que se realizó el estudio, corresponde a 44 estudiantes lo cual no espera convertirse en un patrón de

comportamiento de variables o de cualquier muestra para una SEA de esta índole en distintas realidades educativas. Esto permite hablar respecto al nivel de aprendizaje que se podría alcanzar en otra muestra, ya que esto implicaría iniciar una investigación desde cero, incluso realizando las validaciones nuevamente dentro del contexto de un pilotaje asociado a validación interna.

Otra de las limitaciones se vincula con el test adaptado. El test en su origen está en inglés y fue aplicado para una muestra con participantes de edades mayores a 18 años, lo que implicó desarrollar modificaciones y adaptaciones en el test que hicieron, en algunas preguntas, cambiar el propósito hacia el cual estaba planteada la pregunta. Dentro del mismo ámbito del test, este presenta 5 a 6 alternativas en varias preguntas, lo que implicó generar sensación de ansiedad e inseguridad en los estudiantes en el marco de su etapa de aprendizaje y costumbre en cuanto pruebas de alternativa que rinden. Por otra parte, se debe agregar que el tiempo para la aplicación de la SEA no fue continuo, implicando que algunas de las actividades no se pudieran desarrollar a cabalidad, incluso dos de las actividades no se pudieron modelar, por lo tanto, sólo son parte de la teoría de la planificación de esta SEA. A lo anterior se suma la presión desde la coordinación académica por cumplir con los contenidos de la asignatura, lo que tuvo consecuencias en dividir la hora para la sesión en dos instancias, una para la SEA y otra para la continuidad de los contenidos propios de esta etapa del año en este nivel educativo. Finalmente, al haber un estudio de tipo cuantitativo correlacional experimental, faltó tiempo para realizar otro test estadístico con la finalidad de evaluar la relación entre las variables (paramétrico o no paramétrico), además de la evaluación de las hipótesis en base datos del mismo estadístico, junto con agregar el error muestral.

Proyecciones

Debido a las limitaciones mencionadas se debe considerar reevaluar esta implementación sobre el enfoque de la enseñanza para la comprensión en un contexto donde se puedan desarrollar las actividades en forma continua y con apoyo absoluto desde la coordinación académica, para disminuir factores que vayan en detrimento de la evaluación de este enfoque. En segundo término, es un desafío aplicar esta SEA en estudiantes con distintos contextos socioeconómicos o socioculturales para indagar en factores tales como el capital cultural que nutre a cada institución educativa y, por supuesto, la riqueza que existe en la diversidad de historias de vida que conforman nuestro país.

Ampliar las actividades de la SEA (ve anexo 1) en el ámbito de los desempeños con un enfoque pedagógico de conflicto socio-científico para incluir un sentido crítico frente a los impactos del cambio climático y las medidas de mitigación. En definitiva, un aspecto que no se incluyó, en esta investigación, y se sugiere desarrollar, es el estudio de las representaciones previas y posteriores a la misma implementación de la SEA con el propósito de indagar en las concepciones alternativas mediante imágenes, aludiendo al pensamiento visible que acompaña a la enseñanza para la comprensión. Ejemplo de este estudio son las dos imágenes de la figura 20 A y B, respectivamente.



A

B

Figura 19. Imágenes de un estudiante del 7ºB antes y después de la implementación de la SEA.

Agradecimientos

Proyecto Fondecyt 1180619 y a la Comisión Nacional de Ciencia y Tecnología (CONICYT).

Bibliografía

- Artamonova, I., Mosquera, J., Ramírez, M., Mosquera-Artamonov, J. (2014). Resultados cuantitativos de la aplicación del Sistema 4MAT en Mecánica en la Universidad del Quindío. *Lat. Am. J. Phys. Educ.*, 8. 4511-1.
- Black, P.J. y Lucas, M. (Eds.) (1993) Children's informal ideas in science. Londres: Routledge Caravita, S. y Hallden, O. (1994) Re-framing the problem of conceptual change. *Learning and Instruction*, 4 (1), 89-111.
- Botero, E. U. (n.d.). El cambio climático y sus efectos en la biodiversidad en América Latina.
- Campanario, J. M. (2000). *El desarrollo de la metacognición en el aprendizaje de las ciencias : estrategias para el profesor y actividades orientadas*. Enseñanza de las Ciencias, 18(3), 396–380.
- Carretero, M. (1997). *Construir y enseñar las Ciencias Experimentales* (Aique Grup).
- Education, H. G. S. (2016). *Thinking-routines*. Recuperado desde <http://pz.harvard.edu/thinking-routines#Introducing&ExploringIdeas>
- Elliot, J. (2000). *La investigación-acción en educación*. (4^aEd.) Madrid: Ediciones Morata.
- Escardo, A. L. (1995). Modelos climáticos y sus resultados. Aplicación a la región mediterránea. *Butlletí de Les Societats Catalanes de Física, Química, Matemàtiques i Tecnologia*, XV, 149-152.
- Fonseca, J. (2007). Modelos cualitativos de evaluación. *Educere*, 11(38), 427-432.
- González, M. E., Lara, A., Urrutia, R., & Bosnich, J. (2011). Cambio climático y su impacto potencial en la ocurrencia de incendios forestales en la zona centro-sur de Chile (33° - 42° S). *Bosque (Valdivia)*, 32(3), 215–219. <https://doi.org/10.4067/S0717-92002011000300002>
- Hake, R. R. (1998). Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *American Journal of Physics*, 66(1), 64–74. <https://doi.org/10.1119/1.18809>
- Harvey, D., Gregory, J., Hoffert, M., Jain, A., Lal, M., Leemans, R., ... & De Wolde, J. (1997). Introducción a los modelos climáticos simples utilizados en el segundo informe de evaluación del ipcc. Recuperado desde <https://archive.ipcc.ch/pdf/technical-papers/paper-II-sp.pdf>
- IPCC, & I, G. de T. (2013). Cambio Climático 2013 Bases físicas. Recuperado desde www.climatechange2013.org
- Jiménez, J. C., & Manosalva, M. J. (2015). Desigualdad ambiental y desigualdad comunicacional. Las portadas de El Mercurio de Valparaíso sobre el derrame de petróleo en la bahía de Quintero. *Cuadernos. Info36*, © 2019 Revista Innovación en Enseñanza de las Ciencias | <http://www.reinncel.cl>

- (36), 71–87. <https://doi.org/10.7764/cdi.36.734>
- Jiménez, J. de D., & Perales, F. J. (2001). Aplicación del análisis secuencial al estudio del texto escrito y de las ilustraciones de los libros de texto de física y química en la ESO. *Enseñanza de Las Ciencias: Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, 19(1), 3–19. Recuperado desde: <https://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/21704/21538>
- Lawson, D. F., Stevenson, K. T., Peterson, M. N., Carrier, S. J., L. Strnad, R., & Seekamp, E. (2019). Children can foster climate change concern among their parents. *Nature Climate Change*, 9(June). <https://doi.org/10.1038/s41558-019-0463-3>
- Leiserowitz, A., Smith, N., Gaddis, J., Fernandez, L., & Read, D. (2010). Americans' Knowledge of Climate Change. Yale Project on Climate Change Communication. Recuperado de: <http://environment.yale.edu/climate/files/ClimateChangeKnowledge2010.pdf>
- Manzano, S., Sierra Núñez, M. D. C. C., Manzano, S. S., Cepeda, J. S. S., &, & Macías, C. R. (2013). Ideas Alternativas Sobre Cambio Climático, adelgazamiento de la capa de ozono, lluvia ácida y otros. *Enseñanza de Las Ciencias: Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, 796–802.
- Martínez, P. F., & Pati, C. (2009). *Efectos del Cambio Climático en los Recursos Hídricos de México*. IMTA
- Marzábala, A., Rocha, A., & Toledo, B. (2015). Caracterización del desarrollo profesional de profesores de ciencias --- parte 2: Proceso de apropiación de un modelo didáctico basado en el ciclo constructivista del aprendizaje. *Educación Química*, 26, 77–80. Recuperado desde <http://dx.doi.org/10.1016/j.eq.2015.05.006>
- Marzetta, K. L. (2017). Changing the Climate of Beliefs : A Conceptual Model of Learning Design Elements to Promote Climate Change Literacy. *Journal of Sustainability Education*, 16(December).
- Meira-Carrea, P. Á. (2012). Conoce y valoriza las alteraciones climáticas. Propuestas para trabajar en grupo. (*Fundación Mapfre*). Madrid, España.
- MINEDUC. (2009). Objetivos Fundamentales y Contenidos Mínimos Obligatorios de la Educación Media. Actualización 2009. Unidad de Currículo y Evaluación. Gobierno de Chile
- MINEDUC. (2015). Bases curriculares de 7º a 2º medio. Unidad de Currículo y Evaluación. Gobierno de Chile
- MINEDUC. (2018). Bases Curriculares Primero a sexto básico. Unidad de Currículo y Evaluación. Gobierno de Chile
- Ministerio del Medio Ambiente. (2016). Tercera Comunicación Nacional de Chile ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático. Recuperado desde <https://mma.gob.cl/wp-content/uploads/2017/12/TCN-2016b1.pdf>
- MMA. (2017). Resumen ejecutivo: Tercera Comunicación Nacional de Chile Ante la Convención Marco de LAS Naciones Unidas sobre Cambio Climático. Santiago.
- Murga-Menoyo, M. . Á., & Novo, M. (2017). Sostenibilidad, Desarrollo «Glocal» Y Ciudadanía Planetaria. Teoría De La Educación. *Revista Interuniversitaria*, 29(1), 55–78. <https://doi.org/10.14201/teoredu20172915578>
- Nullis, C., & Oficina de Comunicación y de Relaciones Públicas de la OMM. (2018). El IPCC publica el Informe especial sobre el calentamiento global de 1,5 °C. 67 (2)(2), 4–7. Recuperado desde <https://public.wmo.int/es/resources/bulletin/el-ipcc-publica-el-informe-especial-sobre-el-calentamiento-global-de-15-°c>
- Pachauri, R. K., Meyer, L., & Team, T. C. W. (2014). Climate Change 2014 Synthesis Report. Génova, Suiza.
- 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.
- Peñuelas, J., Sabat, S., Filella, I., & Gracia, C. (2004). CAPÍTULO 15. Efectos del cambio climático sobre los ecosistemas terrestres : observación , experimentación y simulación. *Ecología del bosque mediterráneo en un mundo cambiante*, 425-460.
- Perales, J., & Jiménez, J. de D. (2002). LAS ILUSTRACIONES EN LA ENSEÑANZA-APRENDIZAJE. *Enseñanza de Las Ciencias*, 20(3), 369–386.
- Pozo, J. I. (1996). Investigações em Ensino de Ciências – V1(2), pp.110-131, 1996. *Investigações Em Ensino*

- de Ciências*, 1(2), 110–131.
- Ritchhart, R., Church, M., & Morrison, K. (2014). *Hacer el Pensamiento Visible*. Buenos Aires, Argentina: Paidós.
- Ritchhart, R., & Perkins, D. (2008). Making thinking visible. *Educational leadership*, 65(5), 57.
- Ritchhart, R., Palmer, P., Church, M., & Tishman, S. (2006). Thinking Routines : Establishing Patterns of Thinking in the Classroom.
- Romero, H., Salgado, M., & Smith, P. (2010). Cambios climáticos y climas Urbanos: Relaciones entre zonas termales y condiciones socioeconómicas de la población de Santiago de Chile. *Revista INV*, 25(70), 151–179.
- Sacchetti, Z., & Flores, F. A. (2010). Crisis del ozono y crisis climática : similitudes y diferencias 1. 3(3).
- Salazar Castañeda, J. A., Carmona Ramírez, L. H., & Mesa, F. (2018). Determinación de la Ganancia en el Aprendizaje de La Cinemática Lineal Mediante el uso de Métodos Gráficos con Estudiantes de Ingeniería en la Universidad de Caldas. *Scientia et Technica*, 23(01), 99–104.
- Sepúlveda, C., & Bettati, B. (2005). El desastre ecológico del Santuario del Río Cruces: Trizadura institucional y retroceso democrático. *Revista Ambiente y Desarrollo*, XX(3), 62–68.
- Vargas, P. (2009). El Cambio Climático y Sus Efectos en el Perú. *Documento de trabajo*, 1–59.
- Vasco, U. del P. (2012). Cátedra de Cultura Científica — Cuaderno de Cultura Científica. Recuperado de: <https://culturacientifica.com/2014/02/04/del-cambio-climatico/>
- Versprille, A., Zabih, A., Holme, T. A., McKenzie, L., Mahaffy, P., Martin, B., & Towns, M. (2017). Assessing Student Knowledge of Chemistry and Climate Science Concepts Associated with Climate Change: Resources To Inform Teaching and Learning. *Journal of Chemical Education*, 94(4), 407–417. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.6b00759>