

Historia de la ciencia como recurso en el aprendizaje sobre sismos y naturaleza de la ciencia

Daniela Rico Palacios

Educentis

drico@educentis.cl

Resumen

Dada la particular ubicación de nuestro país en el “cinturón de fuego del Pacífico”, región que experimenta la más frecuente actividad sísmica y volcánica del planeta, que es necesario que los estudiantes y la población en general adquieran los conocimientos para comprender y explicar estos fenómenos y actúen preventiva y reactivamente. En consideración a lo anterior, se propuso una secuencia de enseñanza y aprendizaje (SEA) sobre sismos que buscó favorecer la comprensión de la naturaleza de la ciencia para estudiantes de primer año de enseñanza media. El impacto se determinó a través de un estudio de carácter no experimental que consideró como instrumentos: el cuestionario VNOS-D+ y una evaluación de aprendizajes para la recolección de datos, así como un breve cuestionario acerca de la valoración de la contribución de la secuencia a los aprendizajes alcanzados. Los resultados indican que la intervención no fue efectiva en relación con el aprendizaje y modificación de concepciones alternativas sobre sismos; sin embargo, si se observó una movilidad de estudiantes de una visión desinformada o “ingenua” a una “en transición” con relación a las características de la ciencia, lo que da cuenta de un efecto positivo de la SEA. Los resultados indican que la percepción de estudiantes y docente respecto al diseño, implementación, materiales utilizados y valorización del aprendizaje fue positiva. A partir de los resultados de la SEA y las dificultades observadas durante su implementación y evaluación, surge el cuestionamiento acerca de la efectividad de la estrategia didáctica utilizada y la necesidad de diversificar el uso de estas, por cuanto se privilegió principalmente el uso del foco didáctico de la historia de la ciencia a través de actividades que involucraban el análisis documental.

Palabras clave: sismos, secuencia de enseñanza y aprendizaje, naturaleza de la ciencia, historia de la ciencia.

Introducción

Chile, larga y angosta faja de tierra de más de 4000 km de extensión, se ubica en una de las zonas más activas de subducción, donde interactúan las placas de Nazca y Antártica bajo las placas Sudamericana y de Scotia (Tarbuck y Lutgens, 2005), lo que determina que nuestro país se caracterice por una frecuente actividad sísmica y también volcánica. Según el Servicio Nacional de Geología, más del 10% del total de volcanes del planeta se ubican en este territorio. La diversidad geográfica también es amplia, lo que determina la existencia de variados tipos de climas explicados por los tipos de relieve, latitud, altitud e influencia del mar, entre otros elementos. También factores de carácter antropogénicos como el calentamiento global, la deforestación, por mencionar algunos, han impactado el clima global y local de manera significativa, dando origen a diversos fenómenos de tipo hidrometeorológico.

Considerando estos antecedentes, la necesidad de que los estudiantes¹ y la población en general puedan comprender la dinámica terrestre, con especial atención a los fenómenos naturales experimentados en nuestro país y el actuar preventivo y reactivo frente a la ocurrencia de estos, se hace evidente. Frente a este contexto, cabe cuestionarse ¿cómo contribuir desde la enseñanza de las ciencias a la formación de la población?, ¿qué énfasis debiera prevalecer en la enseñanza de las ciencias? y ¿qué elementos debieran ser considerados por el docente al preparar las actividades de enseñanza y aprendizaje relacionadas con fenómenos de la naturaleza, como; por ejemplo, los sismos?

Surge entonces una oportunidad no solo para que los estudiantes puedan comprender y dar explicación a la frecuente actividad sísmica que nuestro país experimenta junto a la promoción de una cultura en atención a la prevención de riesgos y el actuar reactivo, sino también de un aprendizaje integral que posibilite su alfabetización científica y comprensión de la naturaleza de la ciencia fomentando su interés y participación en cuestiones tecnocientíficas de interés social de manera informada, crítica y responsable.

Marco de referencia

Teorías y modelos en torno a sismos

Un *sismo*, *seísmo*, *terremoto* o *temblor*, si bien las personas le asignan una cierta graduación en el lenguaje cotidiano, en el lenguaje especializado son términos que hacen alusión a un mismo fenómeno: la vibración de la Tierra debido a la rápida liberación de energía producto del deslizamiento de una porción de masa rocosa de la corteza terrestre a lo largo de una falla geológica o plano de rotura (Tarbuck y Lutgens, 2005). La energía liberada desde el hipocentro -lugar donde se produce el deslizamiento- se propaga como un frente de ondas sísmicas multidireccional que atraviesan las distintas capas que forman el globo disipando rápidamente su energía.

El mecanismo de acción que desencadena un sismo aun es desconocido. No obstante, la teoría de la tectónica de placas se alza como la mejor respuesta a esta interrogante. En este sentido, la tectónica de placas, desarrollada a finales de la década de los 60', ofrece respuesta a casi la totalidad de fenómenos geológicos observados. Para el campo de las ciencias de la Tierra, no solo fue una idea innovadora si no que marcó un hito histórico en su desarrollo: "Esta situación no tiene precedentes en las ciencias de la Tierra, y confiere a la tectónica de placas una importancia histórica, el rango de una construcción científica de alcance comparable con la teoría copernicana, los principios de Newton, la teoría atómica, la teoría de la evolución, la mecánica cuántica o la relatividad" (Anguita, 1995).

La tectónica de placas tiene su sustento en los dos actuales modelos sobre la estructura interna de la Tierra. El primero de ellos, el modelo estático o geoquímico separa la Tierra en tres capas: corteza, manto y núcleo, de acuerdo con una composición química. El segundo modelo denominado dinámico o geofísico separa el globo en cuatro capas: litósfera, astenósfera, mesósfera y núcleo, en función de comportamiento físico que exhiben. La astenósfera, que estaría formada por la parte más externa del manto superior bajo la litósfera, supondría una

¹ El término estudiantes hace referencia a los y las estudiantes sin distinción de sexos.

capa rocosa que se comportaría como un fluido cuya existencia es necesaria para que operen los mecanismos propuestos en la Tectónica de placas.

Con el pasar del tiempo, nuevos procedimientos y avances tecnológicos han posibilitado un estudio más profundo de la estructura interna de la Tierra, donde la principal fuente de información emana de las investigaciones sobre el comportamiento que las ondas sísmicas muestran al atravesar las distintas capas que conforman el planeta. Es así como en la actualidad muchas de estas teorías o modelos están en cuestionamiento, como es el caso de la existencia de la astenosfera o de los mecanismos de circulación térmica que operan a nivel de manto y núcleo (Anguita, 1995).

Sismos y Ciencias de la Tierra en el Currículum Nacional

Dada las características de nuestra realidad local, la ubicación geográfica de Chile en el denominado “cinturón de fuego del Pacífico”, zona donde se concentra la ocurrencia de fenómenos de subducción más activos del planeta, la posibilidad de desarrollo de eventos de origen geofísico como terremotos de gran magnitud es significativa. Bastará recordar que desde el siglo pasado y hasta la fecha, solo en nuestro país acontecieron más de 10 terremotos de magnitud superior a 8,0 Richter, entre los que se cuenta el mayor sismo registrado en la historia mundial contemporánea: el terremoto de Valdivia de 1960 con una magnitud de 9,5 Richter.

Ante este panorama, por medio del sistema educativo y el marco curricular, el Estado intenta asegurar que la población conozca y comprenda las características geofísicas de nuestro país y pueda adquirir las nociones necesarias para tomar decisiones acertadas ante el desarrollo de una posible crisis, e incluso con anterioridad, al decidir su establecimiento en las zonas potencialmente peligrosas, a través del énfasis en una formación científica básica. En este contexto, los objetivos fundamentales (OF) y contenidos mínimos obligatorios (CM) para la enseñanza básica (MINEDUC, 2005) manifestaron un importante avance al declarar este énfasis en el enfrentamiento de problemáticas medioambientales, relevando la formación inicial del saber académico para los cursos terminales.

Los programas de estudio para enseñanza media se centraron en el desarrollo de contenidos en torno a: sonido, luz, electricidad, movimiento, calor, mecánica, fluidos, magnetismo y el átomo, considerando en 1º y 2º medio las temáticas relacionadas con Tierra y Universo. Respecto a los contenidos sobre nuestro planeta, se enunciaron tres aspectos globales: el primero se relacionó con el conocimiento descriptivo de la Tierra y nociones acerca de su evolución; el segundo, en relación con su dinamismo; mientras que el tercero, se centró en sus características que posibilitan la existencia de vida y la sostenibilidad de esta.

Posteriormente, nuevas modificaciones en el currículum por medio de la instalación de las Bases Curriculares (MINEDUC, 2012), incorporaron los objetivos de aprendizaje (OA) en reemplazo de los OF y CM, proponiendo una mejora sustantiva en la organización y progresión de los objetivos que debía alcanzar cada estudiante en el sistema, favoreciendo un enfoque en el desarrollo de habilidades y actitudes por sobre una visión centrada en los contenidos de carácter conceptual.

Los OA vinculados con ciencias de la Tierra y la realidad geofísica de nuestro país se abordaron tanto desde la enseñanza básica – específicamente en 4° básico- como desde la enseñanza media- niveles de 7° básico y 1° medio - considerando temáticas, tales como: la estructura interna de la tierra, movimiento de las placas tectónicas, distribución de los patrones de actividad sísmica y volcánica y sus consecuencias para la sociedad, el actuar preventivo y reactivo, la propagación de las ondas sísmicas, su medición, registro e importancia en el estudio de la estructura interna de la tierra, entre otros puntos.

En este nuevo marco curricular para las ciencias naturales, se enfatizaron además, aspectos relacionados con la alfabetización científica, la comprensión de las grandes ideas de la ciencia, la investigación científica y sus etapas, el desarrollo de habilidades y actitudes propias del quehacer científico, las relaciones entre ciencia, tecnología y sociedad, y la comprensión de la naturaleza de la ciencia (desde ahora NoS), en el entendido de que estos énfasis en la educación formal permitirán al ciudadano participar de la sociedad de hoy. Ello no es arbitrario, pues el currículum encierra una interesante reflexión respecto al concepto de persona que se quiere formar, y que también apunta hacia el desarrollo del pensamiento riguroso, crítico, informado y responsable.

Incorporación de la naturaleza de la ciencia en el currículum escolar

Naturaleza de las ciencia (NoS acrónimo en inglés, Nature of Science) puede definirse como “el conocimiento de las características de la ciencia como una forma de conocimiento humano” (Cofré, 2012). Una componente importante de la *alfabetización científica* que como señala Lederman (2018), enfatiza “el uso del conocimiento científico para tomar decisiones informadas con respecto a asuntos personales, sociales y globales”.

Dado que ciencias como la química, física, biología, astronomía, geología, entre otras, poseen campos de trabajo y rasgos específicos, no existe un consenso pleno sobre todo lo que involucra el término NoS. Pese a ello, la existencia de elementos en común respecto a cómo se construyen y desarrollan ha posibilitado cierto acuerdo. En este contexto, el presente documento recoge las ideas sobre NoS descritas en el marco curricular para ciencias naturales que se alinean con los aportes de Lederman y otros investigadores con relación a las características de la ciencia y su producto, el conocimiento científico, las que según señala Cofré (2012) pueden resumirse en:

1. El conocimiento científico es tentativo.
2. El conocimiento científico tiene una base empírica.
3. En los procesos investigativos de la ciencia están presentes la intuición, creatividad e imaginación.
4. El conocimiento científico se obtiene por diversos métodos.
5. El conocimiento científico se organiza en hipótesis, modelos, teorías y leyes.
6. El conocimiento científico se genera a partir de observaciones e inferencias.
7. El conocimiento científico es subjetivo.
8. El conocimiento científico es resultado del trabajo colaborativo entre miembros de la comunidad científica.
9. La ciencia está influenciada por el contexto social y cultural en la que se desarrolla.
10. La ciencia y tecnología se influyen mutuamente, pero son campos distintos.

Teniendo en consideración estos puntos ¿cuál es la importancia que reviste la incorporación de NoS en el currículum? Las Bases Curriculares destacan la necesidad de que los estudiantes comprendan el carácter dinámico, universal y multicultural de la ciencia como parte de una formación científica básica que plantea como meta “generar condiciones para participar en forma activa, responsable y crítica en debates que giran en torno a decisiones que se relacionan con ellos y ellas en forma individual o colectiva, y en la propuesta de soluciones a diversos problemas tecno-científicos presentes en la sociedad” (MINEDUC, 2016), en otras palabras, la incorporación de NoS supone una mayor participación democrática en cuestiones que involucran a la ciencia, la tecnología y la sociedad. Sin embargo, a pesar del consenso y manifestaciones a favor de la incorporación en la educación formal las investigaciones son escasas y la evidencia insuficiente. Así, la conveniencia de incorporar de NoS en el currículum debe entenderse como una tesis que está en búsqueda de evidencias y que para efectos de este trabajo no está en discusión, centrando su interés en cómo llevar este énfasis a la sala de clases.

Historia de la ciencia como recurso en la comprensión de la naturaleza de la ciencia

Básicamente existen dos formas de enseñar NoS: un tratamiento implícito, es decir, el uso de estrategias de enseñanza y aprendizaje que de manera indirecta promuevan NoS, como actividades de indagación científica, en el entendido de que el estudiante al *hacer ciencia* en el contexto escolar adquirirá habilidades y actitudes propias del mundo científico y que, por consiguiente, logrará su adecuada comprensión, y un tratamiento explícito y reflexivo donde la ciencia y su naturaleza se aborda como un contenido curricular más en situaciones de aprendizaje que involucren procesos reflexivos (Acevedo, 2009; Acevedo y García, 2015; Lederman, 2018). Respecto a cuál de estos enfoques parece ser más efectivo, en la literatura puede encontrarse cierto consenso respecto a que un tratamiento explícito y reflexivo reporta mejores resultados que uno de carácter implícito (Abd-El-Khalick y Lederman, 2000; Acevedo, 2009; Khishfe y Lederman, 2006; Howe y Rudge, 2007). Por supuesto, estos enfoques no son excluyentes y, por el contrario, pueden ser complementarios en la búsqueda de una mayor comprensión de NoS.

En un enfoque explícito y reflexivo, el uso de la sociología, filosofía e historia de la ciencia se presentan como los recursos más utilizados. En el caso de la historia de la ciencia (desde ahora HoS), su uso se justifica en aportar el contexto en el que se desarrolla la ciencia y la construcción del conocimiento científico (Gil, 1993; Llarena, Cattapan y De Luca, 2001; Valenzuela, Alvarado y Malberti, 2003; De Hosson, 2011; Acevedo, García-Carmona y Aragón, 2016). Visto desde otra perspectiva, el abordar un conocimiento científico descontextualizado en términos de su construcción, de su historia, puede llevar a una visión *aprobématica y ahistórica* de la ciencia donde “se transmiten conocimientos ya elaborados, sin mostrar cuáles fueron los problemas que generaron su construcción, cuál ha sido su evolución, las dificultades, etc. ni mucho menos aún, las limitaciones del conocimiento actual o las perspectivas abiertas” (Gil, 1993), negando aspectos de la ciencia y el trabajo científico como la subjetividad, provisionalidad, su raigambre cultural y social, entre otros.

Por otro parte, con relación a la contextualización de la enseñanza de NoS; es decir, si este es abordado junto a otro contenido científico (contextualizado) o no (descontextualizado), no

parece haber mayores diferencias siendo, al parecer, de mayor efectividad la combinación de ambos modelos (Cofré, 2012).

Concepciones alternativas sobre sismos

Mirado desde una perspectiva constructivista del aprendizaje, quien aprende construye conocimiento al enfrentarse a nuevas situaciones sobre la base de los conocimientos que posee. Por ello, es de importancia explorar y considerar las ideas previas o concepciones alternativas que los estudiantes se han formado sobre los diversos fenómenos de la naturaleza con el objetivo de tensionarlas para lograr su modificación.

En relación con los sismos, en la literatura pueden encontrarse investigaciones sobre concepciones alternativas en estudiantes de primaria y secundaria en países que, como el nuestro, experimentan eventos sísmicos de magnitud (Tabla 1). Se observó que muchas de estas ideas se encuentran influenciadas por el contexto religioso o el conocimiento popular, otorgando al fenómeno un origen carente de bases científicas. Por otro lado, la presencia de concepciones, tales como “*un sismo ocurre por un cambio abrupto de la gravedad*” o “*temblor debajo de la corteza terrestre*” evidencia la incorporación de conceptos científicos en los esquemas mentales de los estudiantes que, si bien resultan ser explicaciones coherentes dentro de su modo de pensar, son inadecuadas desde el punto de vista de la ciencia.

Interesante es notar la connotación negativa que dan al evento otorgándole la calidad de desastre, consecuencia no solo de las emociones, daños materiales o pérdidas humanas que puede provocar el experimentar un sismo, sino que también del tratamiento que, en ocasiones, brindan los medios de comunicación a estos hechos relevando la noticia dramática y la opinión alarmista por sobre una concepción científica del fenómeno (Brusi, Alfaro y González, 2008).

Tabla 1. Algunas concepciones alternativas sobre sismos en la literatura. (Fuente: elaboración del autor)

Publicación	Resumen	Ejemplos de concepciones alternativas
Ideas about earthquakes after experiencing a natural disaster in Taiwan: An analysis of student`s worldviews. Tsai, C., 2001.	Estudio sobre las respuestas de 60 estudiantes de 5° y 6° grado de educación primaria en relación con el origen de los sismos. Se categorizaron las respuestas de acuerdo con su carácter científico, sobrenatural, mística, científico-mitológico, sobrenatural-mitológico o científico inadecuado.	Idea sobrenatural: “algunas fuerzas desconocidas, viniendo de fantasmas, causan terremotos” Idea mística: “Dios está enojado” Ideas científicas inadecuadas: “Un sismo ocurre por un cambio abrupto de la gravedad”
Children`s ideas about earthquakes. Laçin Şimşek, C., 2007.	Estudio sobre las respuestas de 40 estudiantes, seleccionados de forma aleatoria, de Kínder, 1°, 2°, 6° y 8° grado de educación primaria a preguntas, tales como ¿qué es un sismo?, ¿por qué ocurre?, ¿cuáles son sus fuentes de información sobre el fenómeno?, etc. Se evidencian concepciones alternativas y un conocimiento insuficiente sobre medidas de protección.	“Si Dios lo quiere, así pasa” “Es un desastre natural, la gente muere” “Temblor debajo de la corteza terrestre” “Escapamos a algún lugar donde el terremoto no ocurra”
High School students` misconceptions on the topic of earthquakes. Rakkapao, S. Arayathanitkul, K.,	La investigación evaluó la comprensión del fenómeno sismo en 171 estudiantes de educación secundaria. Se evidenciaron concepciones alternativas respecto al origen	“Los sismos crean grietas visibles en la superficie terrestre” “El clima, las lluvias dan origen a los sismos” Escala de Richter es lineal.

Pananont, P. y Chitaree, R., 2007.	de los sismos, sus escalas de medida y propagación de las ondas sísmicas.	La velocidad de propagación de las ondas sísmicas es proporcional a la magnitud del sismo.
Earthquake training is gaining importance: the views of 4 th and 5 th year students on Earthquake. Buluş Kırıkkaya, E., Çakın, O., Beyza, İ. y Bozkurt, E., 2011.	Estudio sobre las respuestas de 93 estudiantes de 4° y 5° año de educación primaria a preguntas, tales como ¿cómo se produce un sismo?, ¿son los sismos predecibles?, ¿qué lugares están en riesgo de sismos?, entre otras, evidenciando sus concepciones alternativas.	Describen los sismos como desastres naturales. Se pueden predecir por cambios en la temperatura del agua o cambios del clima. Se originan por el movimiento de los planetas.

Visiones deformadas de la ciencia y el conocimiento científico

Con relación a la comprensión de NoS, los principales obstáculos que se presentan son las imágenes estereotipadas de los científicos y las visiones deformadas de la ciencia. De acuerdo con la revisión bibliográfica realizada por Fernández, Gil, Carrascosa, Cachapuz y Praia (2002) estas visiones, que se manifiestan asociadas en concepciones alternativas sobre la ciencia, son transmitidas en procesos de enseñanza que se limitan a la exposición de contenidos elaborados y descontextualizados. Se clasifican en:

- a) *visión empiro-inductivista y atórica*: la ciencia se fundamenta solo en la observación y experimentación pura, en el descubrimiento azaroso, sin considerar hipótesis que orienten los procesos investigativos ni el conocimiento científico disponible.
- b) *visión rígida (algorítmica, exacta, infalible)*: relacionada con el método científico y la concreción rigurosa de cada una de sus etapas, dejando de lado la intuición, creatividad e imaginación en la investigación.
- c) *visión aproblemática y ahistórica (dogmática y cerrada)*: que responde a una exposición de conocimientos acabados, agotados en términos de su discusión, sin considerar las problemáticas a las que respondieron, la influencia del contexto histórico y social y los aspectos humanos involucrados.
- d) *visión exclusivamente analítica*: que se manifiesta en una acotación o parcelación de la actividad científica en cuanto a su campo de acción, dejando de lado los esfuerzos por lograr un cuerpo de conocimientos más amplio y unificado.
- e) *visión acumulativa, de crecimiento lineal del conocimiento científico*: donde los conocimientos se transmiten como una simple acumulación de saberes, sin considerar las discrepancias, controversias, revoluciones u otras problemáticas en su proceso de construcción.
- f) *visión individualista y elitista*: que guarda relación con la imagen estereotipada del científico, un genio solitario confinado en su laboratorio, que no refleja el trabajo colaborativo y muchas veces multidisciplinar entre científicos.
- g) *visión socialmente descontextualizada*: la ciencia se presenta como cuerpo de conocimientos que es indiferente o neutro en relación con los códigos, valores éticos, valores morales o problemáticas que enfrenta la sociedad en su desarrollo, ignorando los vínculos entre ciencia, tecnología y sociedad.

Todas ellas visiones que, evidentemente, se contraponen con una visión informada de las características de la ciencia y el conocimiento científico, las que -como ya se ha señalado- no se presentan de manera aislada en las concepciones alternativas, sino que, por el contrario, forman un *esquema conceptual integrado* por lo que su superación es fundamental para el

logro de una alfabetización científica apropiada de las personas (Fernandez, Gil, Vilches, Valdéz, Cachapuz, Praia y Salinas, 2003).

Por ello y en consideración a nuestra realidad local, los objetivos de aprendizajes y énfasis propuestos a nivel curricular, la necesidad de planificar situaciones de aprendizaje intencionadas y articuladas en una secuencia didáctica se hace indispensable en la labor docente. De aquí entonces la importancia de determinar los elementos que intervienen en su diseño.

Elementos que intervienen en el diseño de una secuencia didáctica

La didáctica de las ciencias puede definirse como una “ciencia del diseño”, un área multidisciplinar “que se ocupa de identificar todo aquello que hace que una acción docente pueda llevarse a cabo en un determinado contexto” (Izquierdo, 2007). Su foco está en investigar qué elementos y cómo intervienen en el proceso de enseñanza y aprendizaje, pero también en innovar y aportar un conocimiento práctico para que el docente genere situaciones o actividades apropiadas en favor de lograr las metas educativas propuestas.

En ese sentido, una secuencia didáctica o secuencia de enseñanza y aprendizaje (desde ahora SEA) constituye en el quehacer docente “el documento de planificación de las situaciones de enseñanza y aprendizaje correspondientes a un tema o un contenido curricular concreto” (Couso, 2012). Su diseño obedece a una serie de toma de decisiones respecto a su finalidad u objetivos de aprendizaje, contenidos, orden y progresión de las actividades -en cuanto a su grado de abstracción y complejidad-, evaluación, organización y gestión en el aula que el docente, como diseñador, debe realizar (Sanmartí, 2008).

En la actualidad, la mayoría de los actuales modelos didácticos de SEA consideran en sus diseños los enfoques didáctico y epistemológico (Couso, 2012). Desde el paradigma constructivista, las SEA consideran en su elaboración aspectos psicológicos y cognitivos que se desprenden de las particularidades de la relación entre enseñante y aprendiz en el proceso de enseñanza y aprendizaje (contexto de educación formal, no formal, social, cultural, estilos y ritmos de aprendizaje, concepciones alternativas, motivaciones, intereses, etc.) y el sentido que este último pueda atribuir a su aprendizaje desde la relación que establece con el mundo -social y material- que lo rodea, así como aspectos epistemológicos y disciplinares derivados de la relación entre la ciencia, el conocimiento científico y el mundo material.

Adicionalmente, la SEA debe responder a las distintas etapas o fases que se dan dentro de un proceso de enseñanza y aprendizaje particular. Sin embargo, no existe consenso respecto a cuáles son estas fases, su delimitación y organización; por el contrario, la literatura evidencia la existencia de diversos modelos de aprendizaje constructivistas o ciclos de aprendizaje como el ciclo de Kolb, el de educación en ciencias basada en la indagación, el ciclo de aprendizaje de Jorba y Sanmartí, por mencionar algunos.

El rol del docente también es un elemento que considerar. No puede reducirse a un facilitador de instrumentos o programas de aprendizaje; por el contrario, debe mediar el proceso de aprendizaje de los estudiantes, desde su posición de experto, considerando elementos contextuales y las características de estos, reconociendo en las particularidades de individuos

o grupos los elementos clave para intervenir, guiar, regular y potenciar el aprendizaje, en el entendido de que éste es fruto de la interacción social entre estudiantes y el docente.

Problema de Investigación

Dentro del contexto de la educación formal y especialmente en el nivel de concreción del currículum de ciencias naturales, es relevante poder conocer de qué manera se pueden plasmar cada uno de los énfasis y objetivos de aprendizaje declarados. Cabe cuestionarse entonces, dados los antecedentes en el marco de este documento si ¿la incorporación de la historia de la ciencia en las actividades de una secuencia de enseñanza y aprendizaje favorece el aprendizaje sobre sismos y la comprensión de aspectos de la naturaleza de la ciencia en estudiantes de primer año de enseñanza media?

En virtud de lo anterior nos planteamos la siguiente hipótesis: La incorporación del foco didáctico historia de la ciencia en las actividades de una secuencia de enseñanza y aprendizaje favorece el aprendizaje de sismos y la comprensión aspectos de NoS. Así, el objetivo que orienta este trabajo es el diseño, implementación y evaluación de una secuencia de actividades de enseñanza y aprendizaje que favorezcan el aprendizaje sobre sismos y la comprensión de aspectos de la naturaleza de la ciencia en estudiantes de primer año de enseñanza media. Los objetivos específicos son los siguientes:

- Determinar el grado de comprensión de algunos aspectos de NoS en cursos de 1° medio antes y después de la intervención.
- Analizar el efecto de la SEA en la comprensión de algunos aspectos de NoS.
- Describir el logro del objetivo de aprendizaje (OA13) referidos a sismos presentes en el programa de estudios de 1° medio: “Describir el origen y la propagación, por medio del modelo ondulatorio, de la energía liberada en un sismo” (MINEDUC, 2016), alcanzado a través de la implementación de la SEA, en función de indicadores de evaluación propuestos por el programa.
- Conocer y describir las valoraciones de estudiantes y docentes respecto a la implementación de la SEA y su contribución al aprendizaje sobre sismos y NoS.
- Sugerir elementos de mejora a la SEA que faciliten su implementación y contribuyan a aumentar su efectividad en el logro de los objetivos de aprendizaje propuestos.

Metodología

Diseño de la SEA sobre sismos y NoS

En el diseño de la SEA se consideraron aportes de los modelos didácticos constructivistas de reconstrucción educativa y de demanda de aprendizajes (Couso, 2012) bajo el supuesto de que su inclusión permitiría alcanzar los objetivos planteados. Estos elementos corresponden a una elementalización del contenido que consiste en seleccionar y transformar los contenidos a enseñar desde un punto de vista disciplinar y educativo, considerando el contexto, las concepciones alternativas e intereses de los estudiantes (significancia educativa), una construcción de la estructura de contenidos para la instrucción (contenidos para ser enseñados y aprendidos), la participación del docente como un mediador que facilita

el proceso de apropiación por parte de los estudiantes de elementos propios de una cultura escolar científica -lenguaje, prácticas, formas de pensar- supervisando y regulando el aprendizaje (evaluación reguladora) por medio de acciones u oportunidades de aprendizaje que impliquen una interacción social en la sala de clases entre docente y estudiantes y también entre pares.

Conjuntamente, en el proceso de enseñanza y aprendizaje sobre sismos y NoS se delimitaron cuatro etapas o fases de acuerdo con el ciclo de Jorba y Sanmartí (1996) distribuyendo las actividades como se detalla a continuación:

- a) *Fase de exploración:* Las actividades de aprendizaje apuntarán a la explicitación de las concepciones alternativas, conocimientos previos y experiencias de los estudiantes en la temática sismos y NoS. En este sentido, las actividades tienen como objetivo situar al estudiante en su propio proceso de aprendizaje.
- b) *Fase de introducción de nuevos conocimientos:* El uso de relatos históricos y artículos noticiosos de carácter científico (episodios actuales) en las actividades permiten un tratamiento explícito y reflexivo de NoS, al mismo tiempo que buscan relacionar los conocimientos adquiridos en niveles escolares anteriores sobre sismos con nuevos conceptos relacionados con ondas y su propagación en situaciones progresivamente más complejas contribuyendo a la construcción o reconstrucción de nuevos aprendizajes, de acuerdo a la red de conceptos desarrollada para la unidad temática (Figura 1).

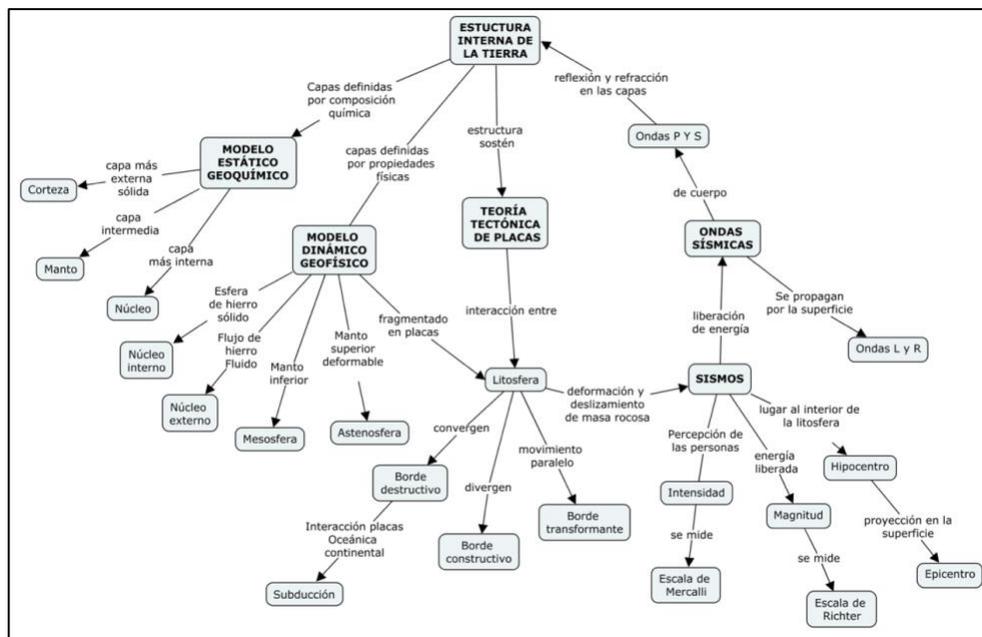


Figura 1. Red de conceptos desarrollada para el diseño de la secuencia didáctica sobre sismos y NoS (Fuente: Elaboración del autor).

- c) *Fase de estructuración:* La elaboración de una red de conceptos posibilita a los estudiantes a sistematizar sus conocimientos y nuevos aprendizajes respecto a la

temática sismos. Por otra parte, preguntas de respuesta construida permiten a los estudiantes reflexionar sobre lo que aprendieron.

- d) *Fase de aplicación:* Para finalizar, en esta fase del ciclo se busca consolidar sus aprendizajes por medio de la aplicación de sus conocimientos en otros contextos o nuevas situaciones.

Se incluye una etapa preliminar para determinar el grado de comprensión de NoS antes de la intervención y una etapa de evaluación posterior a la implementación de la secuencia (Tabla 2). Sumado a lo anterior, en la propuesta se incorpora además un conjunto de orientaciones y rúbricas de desempeño -concebidas como parte de un proceso de evaluación formativa- con la finalidad de orientar al docente en el desarrollo de las actividades

En una primera instancia, el diseño de la SEA se evaluó por medio del modelo de Stake considerando como referentes las propuestas didácticas analizadas en los textos escolares para emitir un juicio evaluativo respecto al diseño de la SEA y realizar las mejoras apropiadas con relación a la planificación de las actividades: contenidos, objetivos de aprendizaje, destinatarios, temporalidad y recursos. En una segunda etapa, que obedeció al ciclo de Elliott se realizó un pilotaje en un grupo reducido de estudiantes con la finalidad de detectar fallos en su implementación. Reconocidos los fallos, relacionados en su mayoría con los tiempos asignados y extensión de las actividades, se elaboró el diseño corregido y final de la SEA.

Tabla 2. Fases y actividades de la SEA (Fuente: Elaboración del autor).

Fase	Actividades de aprendizaje AA	Objetivos
Preliminar	Pretest VNOS+D- Reactivos de respuesta construida.	Determinar el grado de comprensión de algunos aspectos de NoS en cursos de 1º medio antes de la intervención.
Exploratoria	AA1. Preguntas exploratorias. Reactivos de respuesta construida.	Indagar conocimientos previos y concepciones alternativas sobre sismos, ondas sísmicas y algunos aspectos de NoS.
	AA2. Qué sé y por qué aprender. Reactivos de respuesta construida.	Indagar concepciones alternativas sobre sismos. Determinar motivaciones e intereses.
Introducción de nuevos conocimientos	AA3. ¿Cómo es el interior del planeta Tierra? Reactivos de respuesta construida.	Describir los actuales modelos sobre el interior terrestre. Comprender algunos aspectos de NoS.
	AA4. Tectónica de Placas. Reactivos de respuesta construida.	Describir las interacciones entre placas tectónicas. Comprender algunos aspectos de NoS.
	AA5. ¿Por qué se originan los sismos? Reactivos de respuesta construida.	Reconocer algunas de las causas naturales que originan los sismos. Comprender algunos aspectos de NoS.
	AA6. Parámetros de un sismo. Reactivos de respuesta construida.	Reconocer y describir parámetros de un sismo. Comprender algunos aspectos de NoS.
	AA7. Las ondas sísmicas y su importancia en el estudio del interior de nuestro planeta. Reactivos de respuesta construida.	Describir y comprender el uso de las ondas sísmicas en el estudio de la estructura interna de la Tierra. Comprender algunos aspectos de NoS.
Estructuración	AA8. La gran red de conceptos. Elaboración de una red conceptual.	Establecer relaciones entre conceptos relacionados con sismos y ondas.
	AA9. ¿Qué aprendí? Reactivos de respuesta construida.	Describir la tectónica de placas, algunas causas naturales que originan los sismos, parámetros, escalas, así como comprender algunas características de la ciencia y el conocimiento científico.
	AA10. Compartiendo mis conocimientos. Elaboración de póster.	Comunicar sus conocimientos y elaborar un plan de medidas preventivas y reactivas ante la ocurrencia de un sismo.

Evaluación	Postest VNOS+D-. Reactivos de respuesta construida. Evaluación final. Reactivos de respuesta construida y selección única	Determinar el grado de comprensión de algunos aspectos de NoS en cursos de 1° medio después de la intervención. Determinar el logro del objetivo de aprendizaje OA 13 por medio de los indicadores de evaluación propuestos en el programa de estudio vigente.
------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Intervención y participantes

Tomando en consideración los antecedentes, la problemática expuesta, y los objetivos planteados, la investigación se desarrolló dentro de un marco metodológico no experimental de carácter seccional descriptivo que consideró la aplicación de la SEA en dos grupos de estudiantes de primer año de enseñanza media de un establecimiento gratuito con administración particular subvencionada de régimen científico-humanista, clasificación socioeconómica medio bajo e índice de vulnerabilidad de un 63,1% -de acuerdo a lo reportado por la institución- de la comuna de La Pintana, Santiago, Región Metropolitana. Los grupos se conformaron por 43 y 41 estudiantes de ambos sexos distribuidos en los grupos A y B respectivamente, no existiendo incidencia de otras variables etarias, socioeconómicas, culturales o de rendimiento en su conformación, por lo que fueron considerados como grupos homogéneos.

Las actividades se desarrollaron en 4 sesiones de 135 minutos (3 horas pedagógicas), las que casi en su totalidad fueron abordadas de manera individual por los estudiantes -siempre guiados por el profesor- e incluyó la proyección de imágenes sobre la temática de sismos como apoyo para la realización de estas. Al finalizar, la realización de una discusión en plenaria, moderada por el docente, buscó potenciar los aprendizajes favoreciendo la participación de los estudiantes en la construcción de sus propios aprendizajes.

Levantamiento de información y análisis de datos

Dada las características de la investigación, se utilizaron dos instrumentos para la recolección de datos ligados a ámbito de NoS y el aprendizaje referido a sismos.

En el primer caso, se consideró el uso del cuestionario *Views of nature of science* o VNOS-D+ desarrollado por Lederman, Abd-El-Khalick, Bell y Schwartz (2002), que permitió evidenciar la comprensión de aspectos de NoS; y en un segundo caso, el desarrollo de una prueba mixta que consideró reactivos de respuesta seleccionada y respuesta construida por parte de los estudiantes.

El cuestionario VNOS-D+ evaluó la comprensión de NoS a partir de la respuesta construida por estudiantes con relación a aspectos del conocimiento científico y la ciencia. La aplicación del cuestionario consideró 7 de las 10 preguntas del instrumento original respecto a tres aspectos de interés para la SEA: la base empírica del conocimiento científico, su tentatividad y la distinción entre observaciones e inferencias.

En el caso de la prueba, se utilizó un instrumento de evaluación diseñado para medir conocimientos acerca de sismos –considerando algunos de los indicadores de evaluación propuestos en el programa de estudio- que estuvo compuesta por ítems de selección única relacionadas con el dominio de conceptos; y en el caso de las preguntas abiertas, un conjunto de situaciones donde los estudiantes deben definir, describir, analizar y evaluar problemáticas relacionadas con sismos. Para ello, el instrumento consideró una matriz de evaluación y una

rúbrica que permitió cuantificar los desempeños de los estudiantes después de la intervención.

Finalmente, si bien el diseño investigativo se centró en elementos cuantitativos obtenidos a través de los distintos instrumentos, su desarrollo en el contexto de un establecimiento educativo de características particulares dentro del sistema educativo implicó también el desarrollo del estudio de un caso específico. Por ello, para enriquecer el análisis de datos, se realizó una entrevista estructurada al docente con la finalidad de conocer en profundidad aspectos clave que son necesarios de considerar en la implementación de la SEA en otros contextos, como así también un breve cuestionario para los estudiantes acerca de la valoración de la contribución de la SEA a los aprendizajes alcanzados.

A través del instrumento diseñado sobre la base de los indicadores de evaluación (Tabla 3) se contó con información acerca del desempeño del grupo curso y el nivel de desempeño alcanzado por los estudiantes de forma individual. En el proceso participaron 41 de un total de 43 estudiantes del grupo A y 39 de un total de 41 estudiantes del grupo B.

Tabla 3. Indicadores de evaluación para el logro del objetivo de aprendizaje OA 13. (Fuente: Elaboración del autor).

Indicador	Detalle
IE1	Describen algunas causas naturales que originan los sismos, como las tectónicas.
IE2	Describen un sismo en términos de sus parámetros, como hipocentro, epicentro, área de ruptura, magnitud e intensidad.
IE3	Explican cómo se propaga la energía que se libera en un sismo mediante las ondas primarias, secundarias y superficiales.
IE4	Describen escalas sismográficas (la modificada de Mercalli, la Richter, incluyendo la magnitud de momento sísmico) y el sistema de medición de los sismos con uso de instrumentos como el sismógrafo.
IE5	Elaboran un plan de medidas preventivas y reactivas para ser implementado ante la ocurrencia de un sismo.
IE6	Describen el uso de técnicas de reflexión de ondas sísmicas en el estudio de la estructura interna de la Tierra.

Para efectos de análisis, los niveles de desempeño fueron distribuidos de acuerdo con el porcentaje de respuestas correctas según la siguiente escala:

Tabla 4. Niveles de desempeño en instrumento (Fuente: elaboración del autor).

Nivel	Descripción
Superior:	porcentaje de respuestas correctas superior a un 90%
Esperado:	porcentaje de respuestas correctas entre 75% a 89,9%
Medio:	porcentaje de respuestas correctas entre 60 % a 74,9%
Bajo:	porcentaje de respuestas correctas inferior a un 60%

Para efectos de cuantificar los resultados obtenidos tras la aplicación del pre y postest y depurar los datos obtenidos, se consideraron las respuestas de aquellas preguntas del cuestionario que apuntaron a la comprensión de un solo aspecto (Tabla 5) y que fueron abordadas en ambas instancias por el estudiante. Cada respuesta fue categorizada de acuerdo con la rúbrica del instrumento en categorías “ingenua” si no responde a ninguna característica del aspecto de NoS, “en transición” si responde parcialmente o “informada” si es compatible con todas ellas.

Tabla 5. Aspectos de NoS evaluados en la SEA (Fuente: Elaboración del autor).

Aspecto	Descripción
Distinción entre observación e inferencia	Las observaciones son enunciados descriptivos acerca de los fenómenos naturales que son “directamente” accesible a los sentidos (o extensiones de los sentidos). Por el contrario, las inferencias son declaraciones acerca de fenómenos que no son “directamente” accesible a los sentidos.
Base empírica	El conocimiento científico se basa, total o parcialmente, en la observación o es derivado de ella.
Tentatividad	El conocimiento científico no es nunca absoluto ni acabado. Este conocimiento, que incluye “hechos”, teorías y leyes, es provisional y sujeto a cambios. Las afirmaciones científicas cambian a medida que nuevas evidencias, posibles gracias a los avances en teoría y la tecnología, es aplicada sobre las teorías o leyes ya existentes.

Resultados

Aprendizajes sobre Sismos

La distribución observada en las Tablas 6 y 7, indican que gran parte de los estudiantes se ubica en el nivel bajo y medio. No obstante, un número reducido de casos, 4 estudiantes en el grupo A y 3 estudiantes en el grupo B, se ubican en la categoría “esperado” o “superior” en los indicadores IE3 e IE4 relacionados con el reconocimiento de ondas sísmicas, parámetros y escalas de medida.

Tabla 6. Distribución de estudiantes según niveles de logro alcanzados por indicador grupo A (Fuente: Elaboración del autor).

Nivel de logro	IE1	IE2	IE3	IE4	IE5	IE6
Bajo	28	26	22	26	39	37
Medio	11	12	15	11	1	4
Esperado	2	3	0	0	1	0
Superior	0	0	4	4	0	0

Tabla 7. Distribución de estudiantes según niveles de logro alcanzados por indicador grupo B. (Fuente: Elaboración del autor)

Nivel de logro	IE1	IE2	IE3	IE4	IE5	IE6
Bajo	31	31	25	21	37	34
Medio	8	8	11	15	2	5
Esperado	0	0	0	0	0	0
Superior	0	0	3	3	0	0

La información reportada por los reactivos de respuesta construida demostró que los estudiantes de ambos grupos mantienen las concepciones alternativas respecto a las causas naturales que originan los sismos y la definición del fenómeno que fueron observadas en la fase exploratoria de la secuencia (indicadores IE1 e IE2). En este sentido, casi la totalidad de

los estudiantes del nivel continúa señalando como causa el movimiento de las placas tectónicas – de las placas en su totalidad- y no el desplazamiento de una porción de masa rocosa que forma parte de ellas; más aún, definen el fenómeno con el mismo argumento, por lo que la respuesta “*un sismo es el movimiento de las placas tectónicas*” fue frecuente. Otras respuestas consideraron los conceptos vibración y liberación de energía, pero fueron los casos menores.

Si bien muchas de las respuestas observadas en los grupos A y B evidenciaron el conocimiento de acciones básicas a realizar durante la ocurrencia de un sismo, como por ejemplo el triángulo de la vida, el uso de las vías de evacuación, el seguimiento de instrucciones, entre otras, los estudiantes del nivel no abordaron la pregunta en relación con el conocimiento de medidas preventivas o las respuestas refirieron a medidas reactivas (indicador IE5) evidenciando, en este sentido, su desconocimiento.

Por último, aun cuando la mayoría de los estudiantes de ambos grupos reconoció la importancia de las ondas sísmicas para la geología, no fueron capaces de describir en términos básicos los fenómenos de reflexión y refracción de estas ondas en las diferentes estructuras internas que conforman la Tierra (indicador IE6).

Comprensión de aspectos de NoS

En el proceso participaron 36 de un total de 43 estudiantes del grupo A y 30 de un total de 41 estudiantes del grupo B. El análisis porcentual del total de respuestas (Tablas 7 y 8) refleja el estado inicial y final de cada grupo con relación a los tres aspectos evaluados.

Tabla 7. Análisis porcentual del total de respuestas por categoría del grupo A (Fuente: Elaboración del autor).

Respuesta	Base empírica		Distinción entre Observaciones e inferencias		Tentatividad	
	Pretest (%)	Postest (%)	Pretest (%)	Postest (%)	Pretest (%)	Postest (%)
Ingenua	80,6	75,0	94,4	88,9	30,5	12,5
En transición	19,4	22,2	5,6	9,2	66,7	83,3
Informada	0	2,8	0	1,9	2,8	4,2

Tabla 8. Análisis porcentual del total de respuestas por categoría del grupo B. (Fuente: elaboración del autor)

Respuesta	Base empírica		Distinción entre Observaciones e inferencias		Tentatividad	
	Pretest (%)	Postest (%)	Pretest (%)	Postest (%)	Pretest (%)	Postest (%)
Ingenua	93,3	93,3	91,1	83,3	48,3	38,3
En transición	6,7	6,7	8,9	15,5	50,0	60,0
Informada	0	0	0	0,2	1,7	1,7

Respecto a la base empírica del conocimiento, ambos grupos mostraron el predominio de una visión ingenua, con un 80,6% y 93,3% cada grupo en la instancia de pretest y 75,0% y 93,3% en postest, grupo A y B respectivamente. De ello, se puede observar que en el primer grupo

existe una movilidad de los datos hacia una visión “en transición” e “informada”, de un 2,8% respectivamente en el posttest, mientras que en el segundo grupo no existe variación.

En las respuestas categorizadas como “ingenuas”, se observa que la mayoría de los estudiantes manifiestan que la ciencia se diferencia de otras disciplinas o áreas de conocimiento básicamente por su campo de trabajo, la naturaleza, las cosas o el mundo material, sin referir a la base empírica del conocimiento.

Otras respuestas que mencionan la observación, la experimentación y los datos obtenidos de ella como su base, fueron consideradas como visiones “en transición” dada la calidad de los textos que no permite afirmar que el estudiante tenga una visión “informada” del aspecto.

En el caso de la distinción entre observaciones e inferencias, también existe un predominio de la visión ingenua con porcentajes de 94,4% y 91,1% en pretest para cada grupo A y B respectivamente, y 88,9% y 83,3% en posttest. También se observa una variación positiva donde tiende a aumentar en el nivel “en transición” de 5,6% a 9,2% en el caso del grupo A y de 8,9% a 15,5% en el grupo B.

La mayoría de las respuestas relacionadas con este aspecto y categorizadas como “ingenuas” manifiestan la creencia de que el conocimiento se basa en mediciones, observaciones y descubrimientos, sin referir a hipótesis o al conocimiento disponible, evidenciando en estas concepciones una visión de tipo empiro-inductivista y ateorica de la ciencia que se mantuvo en el posttest.

En esta instancia es interesante notar que en ambos grupos la mayor movilidad de respuestas de visión “ingenua” hacia una respuesta “en transición” e inclusive “informada” se observa en la pregunta que relacionó el aspecto con uno de los contenidos científicos estudiados en la secuencia, el modelo de estructura interna de la Tierra, donde la contextualización de NoS parece, en este caso, reportar un mejor resultado.

Finalmente, respecto al carácter tentativo del conocimiento científico, se observó el predominio de las visiones “En transición”. Esta categoría alcanza al 66,7% y 50% para cada grupo respectivamente en el pretest y un 83,3% y 60% en el posttest, reportando incrementos de un 16,6% en el caso del grupo A y 10% en el caso del grupo B. Respecto a una visión “informada” del aspecto se observó una variación en el grupo A de un 1,4%, en tanto que el grupo B no presentó cambios. En este sentido, “tentavidad” reportó la mayor movilidad de respuestas a visiones más informadas de los tres aspectos evaluados tras la intervención.

En términos generales, los estudiantes comprenden el carácter provisorio del conocimiento científico, señalando que éste puede cambiar en el futuro; sin embargo, los argumentos expuestos en relación con el por qué son variados: todo cambia o puede mejorar, el uso de instrumentos más sofisticados en las investigaciones, el descubrimiento de “cosas”, porque surgen “nuevos conocimientos”. Estas últimas respuestas “en transición” reflejan nuevamente una visión empiro-inductivista y ateorica donde la evidencia simplemente surge -casi de manera fortuita- sin considerar los conocimientos a priori que orientan los procesos de investigación científica.

De manera transversal, es posible observar en las respuestas de visión “ingenua” ciertos atributos que otorgados a la ciencia en cuanto a su exactitud, objetividad, certeza, lógica, poder predictivo, uso de matemática, que entregan algunos indicios sobre una visión rígida de la actividad científica; sin embargo la extensión de los textos argumentativos no permite develar otras visiones, lo cual representa una dificultad considerando que éstas no se presentan de manera aislada y son parte, como ya se mencionó, de un esquema conceptual integrado.

A nivel de la valoración de la experiencia

Los datos obtenidos a través de las encuestas permitieron analizar aspectos de la SEA vinculados tanto al diseño, la implementación como los materiales utilizados. Para efectos de análisis, los puntajes obtenidos en cada escala fueron clasificados según las categorías expresadas en la Tabla 9.

Tabla 9. Niveles por escala. (Fuente: Elaboración del autor).

Nivel	Descripción	
Muy alto:	promedio desde 3,6 y más	(90% y superior)
Alto:	promedio desde 3,00 a 3,59	(75% a 89,9%)
Medio:	promedio desde 2,41 a 2,99	(60 a 74,9%)
Bajo:	promedio inferior a 2,4	(Inferior a un 60%)

Los resultados obtenidos a través del instrumento de valoración de la SEA según la percepción de los estudiantes son similares en el caso de ambos grupos, manteniendo tanto magnitudes como tendencias en todas las escalas del instrumento (Tabla 10).

Tabla 10. Valorización de la SEA según percepción de estudiantes y docente. (Fuente: Elaboración del autor).

Escalas	Grupo A	Grupo B	Promedio grupos	Docente
Materiales	3,18	3,2	3,18	4,0
Diagramación	3,21	3,21	3,21	3,83
Progresión de actividades	3,1	3,12	3,1	3,8
Aprendizaje colaborativo	2,98	2,94	2,96	4,0
Uso del tiempo	2,91	2,94	2,92	4,0
Valoración del aprendizaje	2,99	3,01	3,0	3,25

Los resultados se ubican en un nivel alto en el caso de las escalas de “Materiales” (3,18), “Diagramación” (3,21), “Progresión de actividades” (3,1) y “Valoración del aprendizaje” (3,0), las dos primeras referidas a la calidad de los materiales y la forma de presentación de estos, a lo que se suma la percepción de articulación y progresión de las actividades presentadas y el logro del objetivo planteado con relación al aprendizaje logrado.

Un segundo grupo de escalas se ubican en la categoría “Medio”, aun cuando los porcentajes de logros son muy cercanos al 75%. Estas escalas son “Aprendizaje colaborativo” (2,96) y “Uso del tiempo” (2,92). En estas escalas llama la atención la valoración de los estudiantes

respecto a su propia contribución al aprendizaje de los demás en instancias colaborativas de participación o discusión que es particularmente baja (*Creo que aporté en cada instancia de discusión lo suficiente para que mis compañeros también aprendieran*: Grupo A 2,43; Grupo B 2,0; Promedio 2,23).

En relación con la percepción del docente, la mayor parte de las escalas fueron evaluadas con una alta puntuación en la categoría “Muy Alto”, “Materiales” (4,0), “Progresión de las actividades” (3,8), “Uso del Tiempo” (4,0), “Diagramación” (3,8) y “Aprendizaje colaborativo” (4,0), siendo “Valorización del aprendizaje” (3,25) categorizado como “Alto”.

Tanto los resultados de estudiantes como del docente en las escalas de valoración son coincidentes y reflejan fortalezas de la SEA en aspectos relacionados con la calidad de los materiales propuestos, así como también del diseño de las actividades, su articulación, prosecución como de su eficacia. Sin embargo, manifiestan discrepancia respecto al “Uso del tiempo” (Promedio 2,92; Docente 4,0) lo que responde a los ritmos de aprendizaje heterogéneos de los estudiantes y al aprovechamiento del tiempo.

Respecto a la visión del propio aprendizaje, los estudiantes plantean una visión autocrítica relevante respecto al aporte que hacen en relación con el aprendizaje de los demás (visión colaborativa del aprendizaje) en instancias como plenarios. No obstante, valoran significativamente el aporte y orientación entregada por el docente para el logro de los objetivos. Asimismo, el docente manifiesta la amplia participación de los estudiantes en las actividades pese a que recalca como un punto crítico el hecho que los estudiantes no comprendían inicialmente que se aprendiera ciencias a través del análisis documental propuesto (*Pienso que aprendí mucho más a través de esta unidad que si lo hubiese hecho a través de otras formas (texto escolar, videos, internet, programas televisivos)*): Grupo A 2,83; Grupo B 2,92; Promedio 2,87).

Por último, respecto a la opinión del docente sobre el uso de la historia de la ciencia como recurso en el aprendizaje, señala: *“Creo que la interconexión entre las clases y sus objetivos era clara y permitía avanzar en una historia que profundizara en conocimientos sobre sismos y NoS, aunque me da la impresión de que el contenido de sismos era tratado en menor medida y no estoy seguro de que algunos hayan mejorado o evolucionado sus concepciones alternativas, aunque sí ampliaron sus conocimientos”*. Lo que apunta a una debilidad en el diseño de la SEA que emplea como principal estrategia el análisis documental en la fase de introducción de nuevos conocimientos.

Discusión

Una de las dificultades halladas en el proceso de análisis de los textos elaborados por los estudiantes, como respuesta a cada una de las preguntas formuladas en los instrumentos de evaluación, fue la imposibilidad de apreciar ideas subyacentes en relación con las temáticas abordadas en la secuencia. Ello, ya que los corpus textuales carecían de una extensión apropiada y de elementos argumentativos que permitieran elucidar estos supuestos. Esta dificultad podría deberse a una escasa formación y desarrollo de las competencias comunicativas de los propios estudiantes. En este sentido, muchas de las respuestas entregadas por los estudiantes daban cuenta de la falta de comprensión de los enunciados.

Ello concuerda con las observaciones aportadas por el docente respecto a la implementación de la SEA, por cuanto se manifiesta que los estudiantes tuvieron dificultades para comprender los textos y preguntas asociadas a las diferentes actividades.

Otra tensión apreciada a lo largo del desarrollo de la SEA es la confusión entre la observación e inferencia, pasos del razonamiento dentro de un proceso investigativo. En general, los estudiantes no logran diferenciar el significado de cada uno de estos conceptos dado el escaso nivel de desarrollo de tales habilidades. Ello puede ser reflejo del tipo de aprendizaje que es favorecido por las prácticas pedagógicas y evaluativas, por cuanto se replican mayoritariamente ejercicios y actividades experimentales -siguiendo el método científico como una receta- sin reparar en el cómo construyen conocimiento y sin profundizar en el proceso cognitivo que la observación e inferencia representan, por lo que difícilmente pueden hacer una distinción explícita entre estos conceptos.

Finalmente, otro aspecto que es interesante de resaltar en el estudio es la relación entre la valoración del tiempo disponible para el desarrollo de las actividades por parte del docente y estudiantes y los corpus elaborados por los estudiantes en las actividades. Desde la perspectiva del docente, los tiempos sugeridos para el desarrollo de las actividades era adecuados. Sin embargo, desde la perspectiva de los estudiantes, estos eran insuficientes. Un factor que explicaría esta diferencia puede ser el nivel de desarrollo de competencias comunicativas de ambos actores pues, al no estar desarrolladas cabalmente en los estudiantes, obligaban a utilizar un tiempo mayor en la realización de actividades y la tarea de comprender, analizar textos y elaborar discursos se percibe con mayor dificultad.

Conclusiones

En base a los objetivos propuestos y resultados obtenidos, así como del tipo de estudio realizado, podemos afirmar que la intervención no fue efectiva en relación con el aprendizaje de sismos, pues no logró modificar las concepciones alternativas de los estudiantes sobre el fenómeno y las causas naturales que los originan.

El logro de OA13 “*Describir el origen y la propagación, por medio del modelo ondulatorio, de la energía liberada en un sismo*” fue bajo en función de los niveles de logro alcanzados por los estudiantes para cada indicador de evaluación, lo que, como ya se ha discutido anteriormente, guarda relación con la estrategia de análisis documental utilizada y las descendidas habilidades comunicativas de los estudiantes. Frente a ello, se sugiere diversificar el uso de estrategias de enseñanza empleando HoS y otros focos didácticos como recursos.

Respecto a la comprensión de NoS, cabe destacar que los datos obtenidos en las aplicaciones de pretest y postest muestran la existencia de una movilidad positiva en el porcentaje de estudiantes que se ubican entre visiones “ingenuas” y “en transición” con respecto a los tres aspectos evaluados. Tal movilidad da cuenta de la existencia, por tanto, de un efecto positivo de la aplicación de la SEA aun cuando el número de sujetos que varía no supera el 16,6%. En este sentido, es posible afirmar que de continuar implementando la estrategia propuesta en la SEA, los efectos pudieren ser mayores cuantitativamente hablando, considerando que el contexto de aplicación se limitó a un total 12 horas pedagógicas dentro del marco del plan

anual de estudios del establecimiento que corresponde a total de 114 horas (esto es, ~~por tanto,~~ menos del 11% del tiempo disponible para el desarrollo ~~aprendizaje~~ de la asignatura). Dicho de otra manera, la SEA muestra efectividad en términos de lograr cambios, que se apreciarían significativamente si de forma permanente se implementa la estrategia trabajada.

Limitaciones y proyecciones

A partir de los resultados de la SEA y las dificultades expuestas, surge el cuestionamiento acerca de la efectividad de la estrategia didáctica utilizada y la necesidad de diversificar el uso de estas, por cuanto se privilegió principalmente el uso del foco didáctico de la historia de la ciencia a través de actividades que involucraban el análisis de relatos y artículos científicos en la fase de construcción de nuevos conocimientos. Esta limitante en el diseño incidió en los resultados obtenidos, ya que se relacionó directamente con el escaso nivel de desarrollo de habilidades comunicativas de los estudiantes, y el uso de un lenguaje que, señala el docente, no es cercano para ellos. En este sentido, es posible que una mayor diversificación del uso de estrategias a través de propuestas de actividades equivalentes, que se ajusten a los diversos ritmos y estilos de aprendizaje, y permita una mayor profundización del contenido científico, favorezca el logro de los objetivos de aprendizaje propuestos.

Sumado a lo anterior, la dificultad presentada por los estudiantes para desarrollar un texto argumentativo de mediana extensión se tornó particularmente crítico al momento de interpretar sus respuestas. Se hace necesario entonces, complementar la información aportada por el cuestionario en las instancias de pretest y postest con entrevistas semiestructuradas, u otros instrumentos evaluativos, que faciliten a los estudiantes expresar sus ideas y posibilite al docente e investigador ahondar en sus concepciones alternativas develando así posibles visiones deformadas de la ciencia que obstaculizan su comprensión.

Agradecimientos

Proyecto Fondecyt 1180619. Comisión Nacional de Ciencia y Tecnología. Gobierno de Chile

Bibliografía

- Abd-El-Khalick F., Lederman N. (2000). The influence of history of science course on students' views of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(10), 1057- 1095.
- Acevedo, J. (2004). Reflexiones sobre las finalidades de la enseñanza de las ciencias: educación científica para la ciudadanía. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 1(1), 3-15
- Acevedo, J. (2008). Estado actual de la naturaleza de la ciencia en la didáctica de las ciencias. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 5(2), 134-169.
- Acevedo, J. (2009). Enfoques explícitos versus implícitos en la enseñanza de la Naturaleza de la Ciencia. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 6(3), 355-386.
- Acevedo, J. y García, A. (2015). Algo antiguo, algo nuevo, algo prestado. Tendencias sobre la naturaleza de la ciencia en la educación científica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 13(1), 3-19.
- Acevedo, J., García-Carmona, A., Aragón, M. (2016). Un caso de historia de la ciencia para aprender naturaleza de la ciencia: Semmelweis y la fiebre puerperal. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 13(2), 408-422.
- Anguita, F. (1995). Evolución de la tectónica de placas: el nuevo interior de la tierra. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 3(3), 137-148.

- Bell, R. y Lederman, N. (2003). Understandings of the nature of science and decision making on science and technology-based issues. *Science Education*, 87(3), 352-377.
- Borrego, M., Bravo, C., Guede, B., Guerrero, M., de las Heras, R., Menéndez, M., et al. (1993). El aprendizaje de los métodos de estudio indirectos aplicados al contenido de la estructura de la Tierra en el Bachillerato. *Investigación en la Escuela*. 20, 103-110.
- Brusi, D., Alfaro, P., y González, M. (2008). Los riesgos geológicos en los medios de comunicación. El tratamiento informativo de las catástrofes naturales como recurso didáctico. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 16(2), 154-166.
- Buluş Kırıkkaya, E., Çakın, O., İmalı, B., y Bozkurt, E. (2011). Earthquake training is gaining importance: The views of 4th and 5th year students on earthquake. *Procedia Social and Behavioral Science*, 15, 2305-2313.
- Cofré, H. (2012). La enseñanza de la Naturaleza de la Ciencia en Chile: del currículo a la sala de clases. *Revista Chilena de Educación Científica*, 11(1), 12-21.
- Couso, D. (2012). Las secuencias didácticas en la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias: Modelos para su diseño y validación. En A. Caamaño (Ed.), *Didáctica de la Física y la Química* (57-83). Barcelona: Graó.
- De Hosson, C. (2011). Una controversia histórica al servicio de una situación de aprendizaje: Una reconstrucción didáctica basada en diálogo sobre los dos máximos sistemas del mundo de Galileo. *Enseñanza de las Ciencias*, 29 (1), 115-126.
- Fernández, I., Gil, D., Carrascosa, J., Cachapuz, A. y Praia, J. (2002). Visiones deformadas de la ciencia transmitidas por la enseñanza. *Enseñanza de las Ciencias*, 20(3), 477-488.
- Fernández, I., Gil, D., Vilches, A., Cachapuz, A., Praia, J. y Salinas, J. (2003). El olvido de la tecnología como refuerzo de las visiones deformadas de la ciencia. *Enseñanza de las Ciencias*, 2(3), 331-352.
- Forteza, M., Hernández, M. (2013). *La equivalencia de las ideas previas en ciencias de la Tierra en el ámbito europeo e internacional*. International Conference Re-conceptualizing the professional identity of the European teacher. Sharing Experiences, Sevilla, 12 – 14 junio.
- Gil, D. (1993). Contribución de la historia y de la filosofía de las ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza/aprendizaje como investigación. *Enseñanza de las Ciencias*, 11(2), 197-212.
- Hodson D. (2014). Learning science, learning about science, doing science: different goals demand different learning methods. *International Journal of Science Education*, 36(15), 2534-2553.
- Izquierdo, M. (2007). Enseñar ciencias, una nueva ciencia. *Enseñanza de las Ciencias Sociales*, 6, 125-138.
- Rudge, D. y Howe, E. (2007). An explicit and reflective approach to the use of history to promote understanding of the nature of science. *Science & Education*, 18(5), 561-580.
- Jiménez, J., Perales, J. (2001). Aplicación del análisis secuencial al estudio del texto escrito e ilustraciones de los libros de Física y Química de la ESO. *Enseñanza de las Ciencias*, 19(1), 3-19.
- Jiménez, J., Perales, J. (2002). Las ilustraciones en la enseñanza-aprendizaje de las ciencias. Análisis de libros de texto. *Enseñanza de las Ciencias*, 20(1), 369-386.
- Khishfe, R. y Lederman, N. (2006). Teaching Nature of Science within a Controversial Topic: Integrated versus Nonintegrated. *Journal of Research in Science Teaching*, 43(4), 395-418.
- Laçin Şimşek, C. (2007). *Children's ideas about earthquakes*. *Journal of Environmental & Science Education*, 2(1), 14-19.
- Latorre, A. (2003). *La Investigación Acción. Conocer y cambiar la práctica educativa*. Barcelona: Graó.
- Lederman, N., Abd-El-Khalick, F., Bell, R., y Schwartz, R., (2002). Views of nature of science questionnaire: Toward valid and meaningful assessment of learners' conceptions of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(6), 497-521.

- Lederman, N. (2018). La siempre cambiante contextualización de la naturaleza de la ciencia: documentos recientes sobre la reforma de la educación científica en los Estados Unidos y su impacto en el logro de la alfabetización científica. *Enseñanza de las Ciencias*, 36(2), 5-22.
- Llarena, M., Cattapan, A., De Luca, A. (2001). Las ondas sísmicas y la estructura interna de la Tierra: una aproximación desde la historia de la ciencia. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 9(1), 13-20.
- Jorba, J., Sanmartí, N. (1996). *Enseñar, aprender y evaluar: Un proceso de regulación continua. Propuestas didácticas para las áreas de ciencias de la naturaleza y matemáticas*. Madrid: Ministerio de Educación y Cultura.
- MINEDUC, (2005). *Curriculum de la Educación Media. Objetivos Fundamentales y Contenidos Mínimos Obligatorios. Actualización 2005*. Santiago de Chile: Ministerio de Educación.
- MINEDUC, (2012). *Bases Curriculares Educación Básica*. Santiago de Chile: Ministerio de Educación.
- MINEDUC, (2013). *Ciencias naturales. Programa de Estudio Cuarto Básico*. Santiago de Chile: Ministerio de Educación.
- MINEDUC, (2016). *Ciencias naturales. Programa de Estudio Primero Medio*. Santiago de Chile: Ministerio de Educación.
- Rakkapao, S., Arayathanitkul, K., Pananont, P., y Chitaree, R., (2007). *High school students' misconceptions on the topic of earthquakes*. Siam Physics Congress, Nakorn Pathom, 22-24 marzo.
- Sanmartí, N. (2008). La unidad didáctica en el paradigma constructivista. En M. Gómez (Ed.), *Unidades didácticas en Ciencias y Matemáticas* (13-57). Bogotá: Magisterio.
- Savaşçı, F y Uludüz, H. (2013). Fifth grade elementary students' conceptions of earthquakes. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, 14 (2), 1-18.
- Tarback, E., Lutgens, F., y Tasa, D. (2005). *Ciencias de la Tierra*. Madrid: Pearson Educación.
- Tsai, C. (2001). *Ideas about earthquakes after experiencing a natural disaster in Taiwan: An analysis of students' worldviews*. *International Journal of Science Education*, 23(109), 1007-1016.
- Valenzuela, F., Alvarado, P., y Malberti, A. (2003). Propuesta didáctica para conocer la estructura interna de la Tierra. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 11(1), 54-59.