

INVESTIGACIONES

## Modelos científicos escolares sobre placas tectónicas y terremotos en educación primaria<sup>1</sup>

School scientific models about tectonic plates and earthquakes in primary education

*Natalia Davis<sup>a</sup>*  
*Valeria M. Cabello<sup>b</sup>*

<sup>a</sup>Universidad Central de Chile, Chile.  
ndavis@uc.cl

<sup>b</sup>Facultad de Educación, Pontificia Universidad Católica de Chile, Chile.  
vmcabello@uc.cl

### RESUMEN

El currículo escolar de ciencias en Latinoamérica propone el uso y la construcción de modelos para explicar fenómenos de la vida diaria de los estudiantes. Sin embargo, escasamente la investigación ha abordado los modelos con los cuales los estudiantes comienzan su instrucción formal, los que construyen al finalizarla y, comparativamente, el modelo escolar de arribo. Para analizar la comprensión de los estudiantes sobre un fenómeno investigado en ciencias y la evolución de esta comprensión, este estudio comparó los modelos escolares de un grupo de estudiantes chilenos sobre placas tectónicas y sismos y el modelo escolar de arribo de los docentes de educación primaria. Se identificaron varios elementos y condiciones en común entre los modelos y obstáculos persistentes en la comprensión. Se discute la estrategia pedagógica de construcción de modelos científicos escolares y su comparación con el modelo escolar de arribo docente para orientar la comprensión hacia elementos comunes del proceso.

*Palabras clave:* modelos científicos escolares, sismos, placas tectónicas, educación primaria.

### ABSTRACT

The Latin American school science curriculum proposes the use and construction of models to explain students' daily life phenomena. However, just a few research projects have addressed so far, the models with which students begin their formal education, those they build upon completion and, comparatively, the expected school arrival model. This study compared the school models of a group of Chilean students on tectonic plates and earthquakes and the school model of arrival of primary school teachers. Several elements and conditions in common between the models were identified. However, persistent obstacles to students' understanding were detected. The construction of school scientific models is discussed as an students to explain everyday phenomena in Latin America such as earthquakes, and that their comparison with the arrival teachers' model would allow guiding students' understanding in the process towards common elements.

*Key words:* school scientific models, earthquakes, tectonic plates, primary education.

---

<sup>1</sup> Este artículo fue parte del proyecto financiado por la Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo (ANID) FONDECYT 11181050 y 1221716. Se agradece también a la profesora Nicole Sánchez, por abrir las puertas de su aula y permitir el desarrollo de este estudio.

## 1. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

En un contexto global se pretende que los individuos sean capaces de usar las competencias y los conocimientos adquiridos en la educación científica con el fin de generar sociedades justas y sostenibles (Gil-Pérez, Sifredo, Valdés y Vilches, 2005; Macedo, 2016). Entre las competencias científicas se incluyen aquellas actividades realizadas por los científicos tales como lo son el uso y la elaboración de modelos que permitan explicar fenómenos de la naturaleza. Un modelo conceptual es una representación externa consensuada por un grupo y fundamentada en el conocimiento científico manejado por este (Greca y Moreira, 1998). Los modelos en ciencias naturales constituyen representaciones, las cuales permiten no solo explicar o describir, sino que predecir la realidad y que, dada la complejidad de esta en cuanto a los fenómenos presentes, la cantidad de variables y/o relaciones involucradas, solo es posible producir modelos provisorios, adaptados a la evidencia disponible (Adúriz-Bravo e Izquierdo-Aymerich, 2009; Calvo, 2006; Raviolo et al., 2010). Según lo anterior, los modelos no abarcan la realidad en su totalidad y por ello son simples e incompletos (Concari, 2001) y tal como otros productos de la ciencia, están sujetos a permanente revisión y cambio.

La modelización se entiende como la práctica de representar un fenómeno, por parte de un investigador, con base en datos experimentales y enunciados teóricos o hipótesis (Calvo, 2006). Schwarz et al. (2009) comprenden la modelización científica como la elaboración, el uso, la evaluación y la revisión de modelos científicos, así como también la comprensión de la naturaleza y propósito de los modelos. Las representaciones o modelos utilizados por los estudiantes para interpretar los fenómenos naturales favorecen la organización, la expresión, el acuerdo grupal de ideas sobre estos fenómenos; sean estas ideas provenientes de la experiencia del individuo o de la evidencia (Acher, 2014). En el aula; la modelización realizada por los estudiantes es usada para favorecer la comprensión de y sobre las ciencias, es decir, el conocimiento acerca de conceptos científicos y de cómo se realiza la labor científica, particularmente en este caso, cómo se elaboran y revisan productos científicos como los modelos (Acher, 2014). Durante el proceso de modelización, el estudiante usualmente transita desde lo concreto a lo más abstracto, pues comienza generando representaciones a partir de su experiencia cotidiana o experimental de la escuela y, posteriormente, integra ideas, relaciones y propiedades expuestas en el aula (Gómez, 2013). Según Aragón, Jiménez-Tenorio, Oliva-Martínez y Aragón-Méndez (2018), el estudiante debe conocer, usar, elaborar y revisar los modelos científicos escolares. Estos autores comprenden la competencia de modelización como un conjunto de capacidades y valores.

Pese a la importancia de la modelización escolar para desarrollar habilidades pertinentes al quehacer científico, esta es una práctica poco frecuente en todos los niveles de la educación y, de estar presente, se enfatiza más bien su función comunicacional y representacional en la enseñanza de estudiantes de secundaria (Acher, 2014; Schwarz et al., 2009). Aragón et al. (2018) consideran que la modelización científica escolar se puede establecer como un conjunto de actividades dispuestas en un ciclo. Su propuesta aúna elementos de Justi y Gilbert (2002) y Prins (2010), ilustrados en la Figura 1.

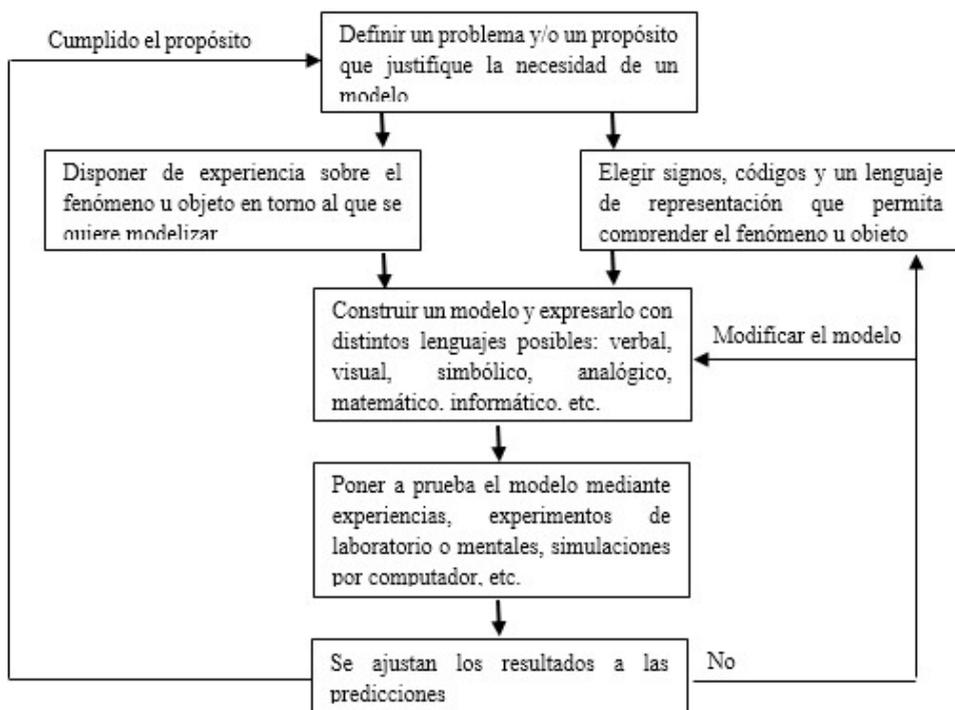


Figura 1. Ciclo de modelización en la enseñanza de las ciencias.

Fuente: Aragón *et al.* (2018).

Los modelos de los estudiantes influyen en su apreciación acerca de las explicaciones expuestas por los docentes y, junto con las concepciones previas, en el aprendizaje de los modelos científicos. Se plantea la presencia de semejanzas y diferencias entre los modelos científicos, los modelos de los estudiantes y los modelos de enseñanza en ciencias, por lo que la identificación de estas orientaría la selección del modelo de enseñanza pertinente para el aprendizaje de un fenómeno o concepto científico (Concari, 2001).

Para identificar la comprensión de los estudiantes sobre un fenómeno natural particular y plantear una estrategia didáctica que integre sus concepciones y las ideas científicas, en investigaciones previas se han propuesto las siguientes distinciones (López-Mota y Rodríguez-Pineda, 2013; Rodríguez-Pineda y Faustinos, 2017):

a) Modelo explicativo inicial (MEI), que se basa en las concepciones previas de los estudiantes, recopiladas u obtenidas desde la literatura.

b) Modelo científico escolar de arribo (MCEA), que aúna el conocimiento erudito aceptado por la comunidad científica en la actualidad y el conocimiento expuesto en el currículo de ciencias para el nivel.

En este estudio, además de los dos modelos descritos, se analizará el modelo explicativo final de los estudiantes (MEF) generado después de la enseñanza tradicional sobre sismos y su origen. Para elaborar estos modelos y hacerlos contrastables, se requiere definir los términos **entidad**, **relaciones** y **condiciones**. Se comprenderá como entidad aquella “cosa

real o concreta, actual o posible presente en el fenómeno para ser modelizada” (Bungue, 2001, citado en Pereda y López-Mota, 2017, p. 4344). En los modelos se presentan diversas entidades entre las cuales se establecen relaciones (Gómez, 2014), las que apuntan a los procesos y estados referidos en el modelo (Concari, 2001). El término condición fue utilizado según la siguiente definición “situación o circunstancia indispensable para la existencia de otra” (Diccionario de la Real Academia de la Lengua Española, 2018).

## 2. CONCEPCIONES DEL ESTUDIANTADO SOBRE EL ORIGEN DE LOS TERREMOTOS

El MEI, descrito previamente, se construye con las concepciones previas de los estudiantes que, con respecto al origen de los terremotos, abarcan diversas causas. En un estudio realizado con estudiantes puertorriqueños de secundaria (14 años) se determinó que las explicaciones acerca de las causas de los terremotos se pueden clasificar en dos categorías generales: aquellas que apuntan a algún contenido científico (como procesos ocurridos al interior de la Tierra) y a creencias populares o mitos referidos a la religión, con relación a los fenómenos naturales o animismo. Entre estas explicaciones solo un 6% aluden a las placas tectónicas (Mejías y Morcillo, 2006). En tanto, una investigación realizada por Rodríguez-Pineda y Faustinos (2017) muestra que los estudiantes mexicanos de primaria (9-10 años) presentan dos tipos de explicaciones asociadas a los modelos científicos de la Antigüedad: un modelo Aristotélico y un modelo Neptuniano. En el primero un movimiento o acomodación de la Tierra es causante de los terremotos mientras que, en el segundo, los líquidos infiltrados en la profundidad de la Tierra provocan explosiones y con ello los movimientos telúricos. Por último, en una revisión sistemática, Francek (2013) indica que los estudiantes de secundaria de varios países asignan como origen de los terremotos principalmente el clima, cambios en la gravedad o el campo electromagnético y los estudiantes de primaria lo atribuyen a Dios, los deslizamientos de tierra, la ebullición del agua subterránea, fenómenos climáticos, entre otros.

En Chile, el currículum escolar de ciencias propone que los estudiantes durante la enseñanza primaria desarrollen y utilicen modelos en varios momentos de la escolaridad, a través de diversos recursos con el fin de describir o explicar fenómenos y sistemas (Ministerio de Educación de Chile [Mineduc], 2016). Cabe señalar que la investigación acerca de los modelos escolares de índole científica es escasa, más aún en los niveles primarios de enseñanza. Al respecto, estudios nacionales que han documentado modelos del estudiantado, se han enfocado principalmente en fenómenos o conceptos con los cuales los estudiantes no tienen una percepción directa desde su entorno. Tal es el análisis realizado por Marzábal (2012) sobre la progresión de los modelos explicativos de la teoría corpuscular de la materia propuestos en las actividades de los textos escolares científicos destinados a alumnos de educación primaria y secundaria. Así también es expuesto en el trabajo de Espinoza y Camacho (2016) que muestra la evaluación de los modelos cosmológicos generados por estudiantes de séptimo básico previa y posteriormente a la implementación de una unidad didáctica que consideró los diversos modelos cosmológicos sugeridos a través del tiempo.

De acuerdo con los antecedentes expuestos, el presente estudio busca responder a la pregunta ¿cuáles son y qué características tienen los modelos científicos escolares que

estudiantes de 7° año básico elaboran sobre las placas tectónicas para comprender y explicar fenómenos sísmicos?, como una muestra de su proceso de aprendizaje en esta temática.

#### Objetivo general

Describir los modelos científicos escolares de placas tectónicas y terremotos en 7° año de educación primaria elaborados sobre la estructura interna de la Tierra en relación al ciclo de modelización (adaptación de Aragón et al., 2018).

#### Objetivos específicos

1. Identificar los modelos de placas tectónicas y terremotos elaborados por los estudiantes
2. Determinar en qué medida las actividades asociadas a los modelos son congruentes con el ciclo de modelización.
3. Comparar el modelo explicativo inicial (MEI), el modelo explicativo final (MEF) y el modelo científico escolar de arribo de los estudiantes (MCEA) sobre terremotos con el fin de decidir cuán útil es considerar estos modelos en el diseño de las clases.

### 3. METODOLOGÍA

#### *Diseño*

Esta investigación se basó en un estudio de caso de una muestra homogénea correspondiente a un grupo de estudiantes de educación primaria, cursando simultáneamente el mismo nivel en un establecimiento educacional. El curso presentaba un número reducido de estudiantes, lo cual fue un elemento que favoreció el análisis en profundidad de sus productos. El enfoque dado a la investigación fue de tipo cualitativo, y se aproximó a los modelos (dibujados y construidos) y respuestas escritas y orales de los estudiantes en la unidad “Fuerza y Ciencias de la Tierra”, perteneciente al programa de Ciencias Naturales para séptimo básico (Mineduc, 2016). El propósito de la unidad, planteado por la docente a cargo, fue comprender que el planeta Tierra es dinámico y que la Tectónica de Placas es un modelo que permite explicar fenómenos como el desplazamiento de los continentes, los terremotos y las erupciones volcánicas.

Fue seleccionado este nivel de enseñanza dado que ya debían contar con los conocimientos sobre placas tectónicas y estructura de la Tierra para explicar mediante modelos el origen de terremotos. En el currículum chileno según los programas escolares, en 7° año de educación primaria se les presenta por segunda vez el objetivo de explicar la interacción entre placas tectónicas mediante el uso de modelos, siendo la primera instancia en 4° año. Por ende, este estudio se enfocó en la exploración de los modelos sobre fenómenos naturales asociados al movimiento de las placas tectónicas, como los terremotos, que pueden ser más cercanos a la percepción de los estudiantes. Estos fenómenos y su modelización están incorporados en el currículum escolar chileno en primaria y secundaria, debido a que este país, donde se contextualiza el estudio, frecuentemente es y será afectado por la interacción de las placas tectónicas de Nazca y Sudamericana. Por este motivo,

son fenómenos y teorías científicas de alta relevancia contextual, tanto en Chile como en Latinoamérica, en especial en los países del llamado Cinturón de Fuego del Océano Pacífico.

### *Participantes*

Los participantes fueron seis estudiantes chilenos de séptimo básico (de doce años aproximadamente) de una escuela primaria privada, de la Región Metropolitana de Chile, de nivel socio económico medio-alto. El muestreo se realizó por conveniencia (Patton, 2001), dada la disposición voluntaria de la docente a cargo del curso en permitir la participación moderada de la investigadora en sus clases de ciencias.

En el curso de esta investigación durante las diez semanas en que se abordó la temática de ciencias de la Tierra las sesiones tuvieron una extensión de 90 minutos, intercalándose sesiones de instrucción con sesiones en las que los estudiantes individualmente elaboraron diversas representaciones de la estructura interna de la Tierra, las placas tectónicas y la actividad sísmica. Estos materiales se recogieron ya que contenían representaciones de los estudiantes, como parte de la unidad pedagógica que la docente a cargo planificó. Cabe señalar que este estudio se enmarcó en una investigación mayor orientada a caracterizar el razonamiento científico escolar en la temática seleccionada, y contó con la aprobación del comité de ética de la Universidad [Removido para revisión de pares].

### *Estructura de la unidad pedagógica*

Luego de la enseñanza de la estructura interna de la Tierra (de acuerdo al modelo estático que estratifica a la Tierra en corteza, manto y núcleo) y de las placas tectónicas, la actividad de los estudiantes consistió en señalar de manera escrita lo que comprendían por placa tectónica y a qué atribuían el origen de los terremotos. Además, se les pidió dibujar las placas tectónicas y el interior del planeta, rotulando las estructuras mostradas en este último (sesión A, Tabla 1). Posteriormente, se introdujeron sesiones de repaso del contenido con una sesión de actividad (sesión B, Tabla 1) cuya finalidad fue la construcción de representaciones tridimensionales de la estructura interna de la Tierra. Lo anterior, debido a la observación realizada por la docente de la presencia de rasgos discordantes entre los dibujos previos de los estudiantes y el modelo estático de la estructura interna del planeta, tales como la proporción relativa que ocupaba cada capa, la distribución de las capas desde el centro de la Tierra o el tipo de capa constituyente. Para ello utilizaron una botella transparente en la cual depositaron distintos tipos de semillas simulando las capas internas. Al finalizar esta actividad cada estudiante presentó su modelo a la docente.

En las sucesivas sesiones se expuso contenido por parte de la profesora, referido a otras temáticas de las Ciencias de la Tierra y a la enseñanza de los tipos de interacción de placas tectónicas y sus consecuencias, a las cuales les siguieron otras (sesiones C y D, Tabla 1) destinadas a la elaboración de una representación tridimensional con materiales sencillos (planchas de poliestireno, ténpera, cartulina, etc.) que debía permitir representar un terremoto producido por la interacción entre placas a través del desplazamiento de los materiales ejecutado por los participantes. Los estudiantes tuvieron la posibilidad de corregir sus representaciones apoyándose en el texto escolar y en el material entregado por la docente en sesiones previas. Al concluir este modelo, los estudiantes lo expusieron al grupo y a la docente.

A partir de estas últimas representaciones se obtuvieron los elementos (entidades, relaciones y condiciones) necesarios para la formulación del MEF.

*Tabla 1.* Síntesis de las sesiones con entrega de modelos elaborados por los estudiantes

Sesión	Modelo(s)
A	Respuestas escritas Modelo de las placas tectónicas (dibujo) Modelo de la estructura interna de la Tierra (dibujo)
B	Modelo de la estructura interna de la Tierra (representación tridimensional)
C y D	Modelo de las placas tectónicas y terremoto (representación tridimensional)

Fuente: Las autoras. Se autoriza su publicación.

#### *Elaboración y contrastación de modelos de las placas tectónicas y los fenómenos sísmicos (MEI, MCEA y MEF)*

Debido a que la información sobre terremotos puede ser expresada de variadas formas (imágenes, texto escrito), para construir y contrastar los modelos escolares y científicos se extrajeron tres tipos de datos o elementos (entidades, relaciones y condiciones) desde las representaciones realizadas por los estudiantes, de sus explicaciones y de la literatura revisada.

El MCEA se originó al cotejar los elementos de dos modelos: el modelo curricular, basado en el programa de Ciencias Naturales para séptimo básico (Mineduc, 2016), y el modelo científico actual, inferido de la revisión de un texto específico de geología (Tarbuck y Lutgens, 2005). El MEF se elaboró, como ya se expuso, con los elementos distinguidos en las representaciones tridimensionales realizadas por los estudiantes. Estos elementos fueron obtenidos mediante observación directa y registro fotográfico, además de la anotación y grabación de las explicaciones de los estudiantes. Aunque estas representaciones se realizaron individualmente, fue generado un único MEF a partir de ellas para percibir con mayor claridad sus elementos constituyentes y realizar el análisis propuesto. En tanto que el MEI usado en esta investigación fue el propuesto en el trabajo de Rodríguez-Pineda y Faustinos (2017) (Tabla 2). Los elementos identificados en las concepciones previas de los estudiantes obtenidos de la revisión bibliográfica les permitieron establecer dos MEI de acuerdo a las entidades, relaciones y condiciones referidas por los estudiantes, el modelo Aristotélico y el Mítico-Teológico.

Tabla 2. Modelos explicativos iniciales (MEI),  
propuestos por Rodríguez-Pineda y Faustinos (2017)

Modelos	Entidades	Relaciones	Condiciones
<b>1. Aristotélico</b>	-Tierra -Roca -Calor -Aire -Grietas	-Acomodación -Estancamiento	Se parten las rocas
<b>2. Mítico-Teológico</b>	-Tierra -Dios	Castigo	Enojo

Fuente: Rodríguez-Pineda y Faustinos (2017).

### *Clasificación de las fases del ciclo modelización y desarrollo del ciclo*

Se analizó cualitativamente la presencia de distintas fases de modelización durante las actividades realizadas por los estudiantes. Estas fases corresponden a las capacidades y los valores involucrados en el proceso de modelización, clasificados en categorías en el trabajo de Aragón et al. (2018). En dicha investigación se expusieron nueve fases: 1) integrar nuevas informaciones, 2) representar imágenes y simulaciones, o trabajar con otras ya hechas, 3) interpretar la realidad de forma verbal, 4) estimar la utilidad de los modelos, 5) aplicar los modelos aprendidos a nuevas situaciones, 6) revisar modelos, 7) admitir el carácter evolutivo de los modelos, 8) gestionar la variedad de modelos disponibles y 9) aportar ideas de manera creativa en las que se apoye la génesis de nuevos modelos.

En relación al desarrollo de un ciclo de modelización, se observó si las actividades propuestas a los estudiantes fueron parte del ciclo y si estas se organizaron en la secuencia expuesta en la introducción de este artículo.

La información obtenida en las sesiones se realizó mediante una recolección enfocada de datos escritos, dibujos y representaciones tridimensionales de los estudiantes. La investigadora realizó un análisis directo de los datos, interpretados en concordancia con la profesora a cargo de la enseñanza de la unidad pedagógica que se analizó en este estudio. Esto se realizó con el fin de triangular la información construida desde la investigadora con la perspectiva de la profesora a cargo, en un ejercicio de horizontalidad y búsqueda de autenticidad en la interpretación realizada. Según Cho y Trent (2006), para tender hacia la validez ecológica en una investigación se deben incluir todas las características posibles y factores en una situación de estudio dada, motivo por el cual se trabajó tanto con la información escrita, dibujos y representaciones tridimensionales construidas por los participantes en las clases en el presente estudio.

#### 4. RESULTADOS

##### *Respuestas escritas y modelos de placas tectónicas y el interior terrestre (sesión A)*

A continuación, se describen en términos generales los modelos obtenidos de las representaciones en dibujos y las respuestas a las preguntas con relación a las temáticas estructura interna de la Tierra, placas tectónicas y terremotos, expresado por el grupo de estudiantes de séptimo básico que participó. Se adjuntan algunos de los productos de los estudiantes como ejemplos.

En relación con la pregunta “¿Qué entiendes por placa tectónica?”, tres respuestas involucraron la descripción de una parte del planeta (tierra o corteza) o del material que lo constituye (roca), tres la mencionaron como origen del movimiento de agua y continentes y tres respuestas apuntaron a su intervención en la generación de terremotos, volcanes y/o montañas. Con respecto a la pregunta “¿Por qué se producen los terremotos?”, mayoritariamente el alumnado lo atribuyó al choque o movimiento de las placas tectónicas y solo una respuesta dio a entender que ocurría por la subducción de placas: “...por la inducción de una placa debajo de otra...” (Estudiante número 4).

En cinco de los modelos que los estudiantes dibujaron sobre las placas tectónicas se observó una esfera con la superficie fragmentada, mientras que un modelo mostró un corte transversal de la Tierra en el que se distinguió, entre la corteza y el manto, una placa tectónica con fisuras (Fig. 2, a y b, respectivamente).

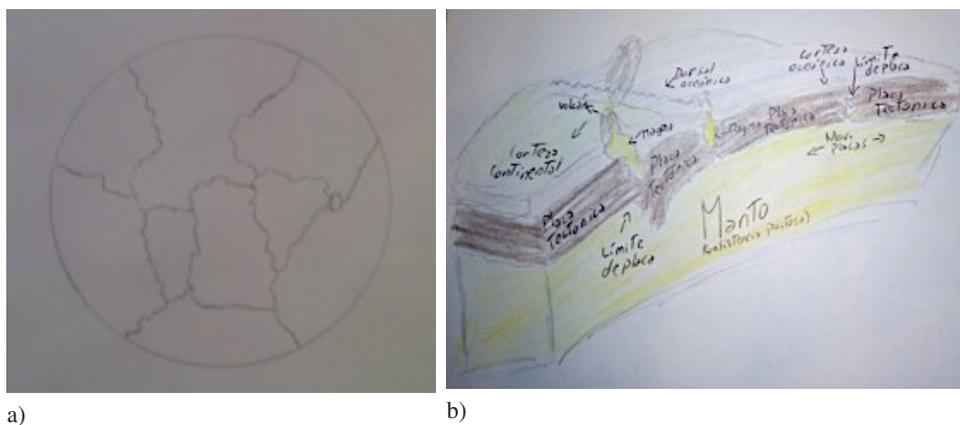


Figura 2. Modelos de las placas tectónicas dibujados por los estudiantes.

Fuente: Las autoras. Se autoriza su publicación.

Los modelos elaborados por los participantes sobre el interior de la Tierra presentaron gran variación. En tres de ellos se esquematizó adecuadamente la posición de las capas (Fig. 3 a). Aunque algunos carecieron de la rotulación de una de ellas, presentaron errores en cuanto a su grosor relativo o a la ubicación de placa tectónica. Los tres modelos restantes expusieron todas o algunas de las capas, pero en posiciones incorrectas (Fig. 3, b y c).

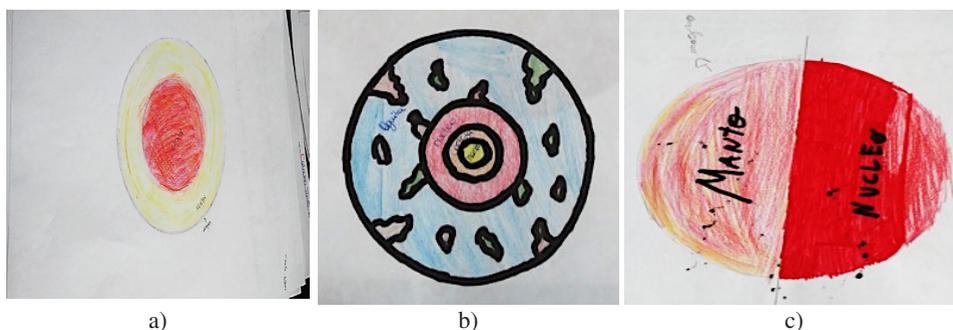


Figura 3. Modelos con las capas que conforman el interior de la Tierra. a) Se muestran las capas núcleo, manto y corteza en la ubicación correspondiente a lo presentado en los modelos científicos, pero con distinto grosor. b) Son presentadas cuatro capas desde el exterior: agua, núcleo, corteza y manto. c) Hay dos capas principales manto y núcleo, y sobre el manto se asienta el magma.

Fuente: Las autoras. Se autoriza su publicación.

#### Modelos tridimensionales de la estructura interna de la Tierra (sesión B)

Las representaciones tridimensionales de los participantes de una sección del interior del planeta con las capas que lo componen, resultaron apropiadas en general, pues ubicaron correctamente corteza, manto y núcleo (Fig. 4 a). Algunos estudiantes incluyeron una placa tectónica como otra capa, localizándola en la superficie terrestre o entre la corteza y el manto (Fig. 4 b).

Todos los modelos mostraron grosores de las capas que no se ajustan completamente a los modelos presentes en el texto escolar o en el texto científico. Cinco alumnos presentaron al manto con un espesor mayor que el núcleo y tres alumnos mostraron a la corteza con un espesor relativo inferior que el resto de las capas, pero aumentado respecto de los modelos consensuados.

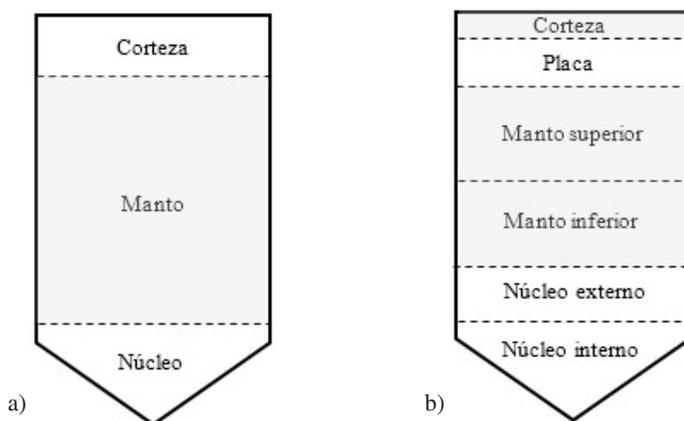


Figura 4. Esquemas de los modelos tridimensionales de una sección del interior terrestre realizados por los estudiantes.

Fuente: Las autoras. Se autoriza su publicación.

*Modelos de las placas tectónicas y de los terremotos MEI, MCEA y MEF (sesión C y D)*

Los modelos curricular y científico, usados en la generación del MCEA del origen de los terremotos por la interacción entre las placas tectónicas, se conformaron por entidades, relaciones y condiciones extraídas del programa de séptimo de primaria y en el texto científico (Tabla 3). El modelo curricular se constituyó por una entidad y una condición, placa tectónica y corriente convectiva, respectivamente. Las relaciones observadas en este modelo fueron dos, límites convergentes y divergentes. En el modelo científico, se detectaron tres entidades, corteza, falla y placa, seis relaciones, entre ellas deslizamiento de corteza y desplazamiento de placas; además de tres condiciones, erupciones, liberación de energía y fuerza tectónica.

Dado que el análisis de los elementos reveló grandes diferencias entre los modelos curricular y científico el MCEA, resultado de la comparación de elementos entre ambos modelos, fue definido por elementos comunes y complementarios. El MCEA se compuso de la entidad placa tectónica, la relación desplazamiento de placa y las condiciones corriente convectiva y liberación de energía (Tabla 3).

Tabla 3. Modelo científico escolar de arriba (MCEA) del fenómeno sísmico

Modelos	Entidades	Relaciones	Condiciones
Modelo curricular	Placa tectónica	Límites: convergentes, divergentes, transformantes	Corriente convectiva
Modelo científico	-Corteza -Falla o rotura preexistente en la roca -Placa	-Deslizamiento de corteza -Movimiento a través de una falla -Deformación de rocas -Desplazamiento de placas -Rebote elástico de rocas -Rompimiento de la roca	-Erupciones (poco frecuente) -Fuerza tectónica -Liberación de energía
MCEA	Placa tectónica	Desplazamiento de placas	-Corriente convectiva -Liberación de energía

Fuente: Las autoras. Se autoriza su publicación.

Los elementos correspondientes al MEF de un terremoto (Tabla 4) se obtuvieron tanto de la información inscrita en la representación tridimensional desarrollada por los participantes como de aquella verbalizada en la exposición oral que realizó cada estudiante.

La mayor parte de los estudiantes aludió a las entidades nombradas en la tabla 4. La mitad de los estudiantes mostró el movimiento de las placas con límite convergente y la otra parte con límite neutro, desplazando las placas de acuerdo a los límites declarados previamente por ellos. En cuanto a las condiciones, un estudiante mencionó a las corrientes de convección solo cuando se le consultó la causa del movimiento del manto, luego de desplazar la estructura que lo representó.

*Tabla 4.* Modelo explicativo final (MEF), establecido al examinar los elementos comunes en las representaciones tridimensionales del grupo de estudiantes al finalizar la instrucción

<b>Modelo</b>	<b>Entidades</b>	<b>Relaciones</b>	<b>Condiciones</b>
<b>MEF</b>	-Placa tectónica -Corteza (oceánica y continental) -Manto -Litósfera	-Límites: convergentes, neutros (transformantes) -Movimientos de las placas	Corrientes de convección

Fuente: Las autoras. Se autoriza su publicación.

Los estudiantes hicieron una representación tridimensional que mostró la placa tectónica Sudamericana y la del Caribe. Fueron usadas dos planchas de poliestireno para cada placa, de un color simulando el manto mientras que, de otro, la corteza. Luego, expusieron oralmente sobre el desplazamiento entre las placas seleccionadas para su representación, es decir, entre placas con límite transformante movieron las estructuras lateralmente y para placas con límite convergente, dispusieron de una estructura bajo otra. Con respecto a las entidades, si bien reconocieron a la litósfera conformada por corteza y manto y la presencia de dos tipos de corteza (continental y oceánica), manifestaron conceptos imprecisos sobre las placas. Tres de ellos señalaron que la placa tectónica está situada en la corteza o la abarca, dos declararon que se ubica entre la corteza y el manto, mientras que uno afirmó que está formada por corteza fragmentada. Al comparar el MEI con el MEF, no se detectaron elementos comunes entre ellos. Mientras que el MCEA y el MEF comparten la entidad placa tectónica, la relación movimiento de placas y la condición de corrientes de convección.

#### *Fases y Ciclo de modelización*

En las actividades propuestas se detectó que los participantes principalmente alcanzaron la fase de interpretar la información de forma verbal de un fenómeno (Fig. 5). Inicialmente, la instrucción de la actividad consistió en mostrar un terremoto cuya causa fuese la interacción de placas tectónicas, debiendo ser estas últimas representadas por dos planchas de poliestireno. Los estudiantes luego de fabricar modelos tridimensionales para representar un terremoto, oralmente entregaron una explicación sobre su origen; por efecto de la interacción entre las placas, actividad que coincide con el indicador de la fase.

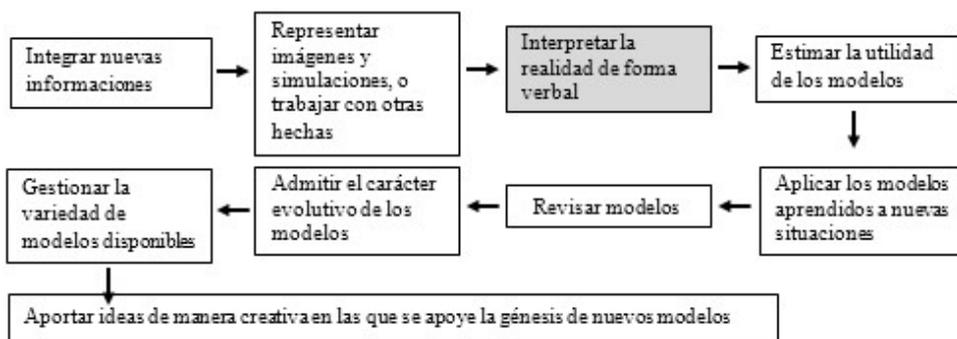


Figura 5. Fases pertenecientes a la modelización científica escolar.

Fuente: Elaborado por las autoras en base a Aragón et al. (2018). Se autoriza su publicación.

La secuencia de actividades planteadas en el ciclo de modelización de Aragón et al. (2018) no se evidenció durante la enseñanza del fenómeno. Solo un tipo de actividad presente en el ciclo fue realizada por los estudiantes; la construcción del modelo tridimensional de placas tectónicas y terremotos.

## 5. DISCUSIÓN

En esta investigación se tuvo como propósito caracterizar los modelos científicos de las placas tectónicas y terremotos en 7° año de Enseñanza Básica, perteneciente al nivel socio económico medio-alto de la Región Metropolitana de Chile. Con relación a este objetivo, se obtuvo que los estudiantes reconocieron que las placas intervienen en los fenómenos sísmicos y muestran correctamente la forma en que estas interactúan en un terremoto según el tipo de límite de las placas representadas. Esto permite indicar que el modelo escolar generado en este nivel de primaria se acerca en cierta medida al modelo científico, pues se fundamenta en el conocimiento científico.

Sin embargo, junto a la docente a cargo, se detectó que, a pesar de representarse y señalarse explícitamente las placas tectónicas en los modelos construidos por los estudiantes, en general, este grupo tuvo una percepción equivocada de las placas, pues la conceptualizan como segmentos de corteza terrestre de borde irregular presentes o cercana a la superficie del planeta, tanto en las diversas representaciones elaboradas como en la descripción oral. En el texto escolar usado en clases es definida placa tectónica como una sección de la litósfera. En las entrevistas de los estudiantes se pudo determinar su comprensión sobre la litósfera, concordante con la definición científica (Tarbuck y Lutgens, 2005), aunque los estudiantes no asocian esta capa con las placas tectónicas.

El MEI en el que se apoyó esta investigación fue disímil en su totalidad al resto de los modelos construidos siendo entonces recomendable incluir en el diseño de una unidad didáctica la exploración de los conceptos previos o concepciones alternativas del grupo de escolares a cargo y, a partir de esos datos, elaborar un MEI con el propósito de determinar las actividades apropiadas que lleven a conseguir que los estudiantes generen un MEF cercano al MCEA. Asimismo, las entidades, relaciones y condiciones distinguidas en MEF

elaborado difirieron de la mayoría de las ideas previas encontradas en la literatura sobre la causa de los terremotos en las que los estudiantes atribuyen a factores divino-mitológicos, humanos y naturales su ocurrencia y que incluso persisten después de la instrucción (Francek, 2013; Mejías y Morcillo, 2006; Rodríguez-Pineda y Faustinos, 2017). Durante el desarrollo de las actividades no surgieron estos factores como origen de los terremotos en este grupo de estudiantes.

La persistencia de errores conceptuales, aun cuando fueron detectados elementos comunes entre MCA y MEF, permite determinar que generar un MEF a nivel grupal y cotejarlo con el MCEA no es una gestión suficiente para establecer el nivel de comprensión de todos los conceptos involucrados en él y su concordancia con el conocimiento científico. Para abordar estos inconvenientes y mejorar el aprendizaje es recomendable a partir de esta investigación, diseñar una unidad didáctica que incorpore la revisión frecuente de los modelos generados por los estudiantes de manera que sea un objetivo su ajuste gradual y la estimulación de variadas formas de expresión del saber estudiantil sobre términos y fenómenos como la verbalización. Al contrastar el MEF y el MCEA, se apreció que ambos compartieron elementos en entidades, relaciones y una condición. Si bien la mayoría de los estudiantes hicieron mención de todos los elementos del MEF, la condición “corriente de convección” común a ambos modelos, solo fue aportada por un escolar después de ser interrogado más profundamente en la exposición de su representación. Esta situación también se puede observar en trabajos sobre la construcción de modelos científicos escolares como el de Pereda y López-Mota (2017), en el que parte de los estudiantes no explicitan algunos elementos de las relaciones.

En lo referente al ciclo de modelización presentado en la introducción, este no fue observado según las actividades efectuadas, aunque una de ellas se desarrolló. Acerca de la competencia en modelización alcanzada por el grupo de escolares, se estableció que se encuentra en una de las primeras fases, de acuerdo a lo planteado por Aragón et al. (2018), cuya propuesta incluye nueve fases. Es posible involucrar a los estudiantes en fases más avanzadas de modelización ocupando como objetivo el aprendizaje de terremotos u otro tipo de fenómenos, sin embargo, parece preciso conocer en qué medida los docentes de ciencias perciben que la modelización puede comprender variadas capacidades como lo son la revisión de los modelos o la estimación de su utilidad. Parte de las actividades formuladas en este ciclo integran “las orientaciones para el uso y construcción de modelos científicos” del programa de Ciencias Naturales para séptimo básico (Mineduc, 2016) expuesta como una serie de acciones consecutivas concernientes a la elaboración de modelos. Dado el planteamiento expuesto en el programa escolar de ciencias, se reflexiona sobre la necesidad de indagar, en el contexto nacional, sobre la inclusión secuenciada de las actividades de modelización en el diseño de una unidad didáctica, así como también sobre las temáticas más apropiadas o frecuentes en las cuales una secuencia se ejecute.

Un aspecto derivado de este estudio, aunque ajeno a sus objetivos, consistió en cierta dificultad de los estudiantes en la elaboración de representaciones tridimensionales percibida durante la implementación. Si bien fueron utilizados materiales de uso común y de fácil manipulación, los estudiantes mostraron incertidumbre acerca de qué manera construir sus modelos, solicitando en algunos casos guía por parte de la docente. Esta situación se puede deber a las escasas actividades en la enseñanza de las ciencias en que se propone a los escolares desarrollar modelos tridimensionales para describir o explicar fenómenos. La manipulación de elementos para la construcción de representaciones es

una acción frecuente en las disciplinas artísticas escolares, aunque no en las clases de ciencias. Este es un punto interesante de estudiar en el futuro puesto que los estudiantes posiblemente estén más habituados a comprender y usar modelos existentes que a elaborarlos y a aprender, mediante esta actividad, cómo se desarrolla la labor científica, práctica escasamente realizada en el aula (Acher, 2014; Schwarz et al., 2009).

Se hace necesario considerar que los resultados de esta investigación no pueden ser generalizados debido a que el grupo participante estuvo conformado por un número reducido de estudiantes y solo se consideró un curso. Adicionalmente, para realizar un análisis de datos con una mayor rigurosidad científica, se hubiese requerido fortalecer los mecanismos de triangulación, operación que no fue posible efectuar pues no se contó con el apoyo de otro investigador para realizar una codificación cruzada.

Finalmente, no es posible asumir en esta investigación que la construcción de un modelo favorezca el aprendizaje de los fenómenos naturales en términos científicos, pero ello aproxima al estudiante a la labor científica en tanto construye y usa modelos, y le entrega una oportunidad distinta de expresar y examinar su propio saber. Tal como lo declara Martín-Díaz (2013), el aprendizaje de las ciencias requiere de la manifestación por parte del alumnado de su pensamiento mediante el lenguaje oral, escrito e incluso gráfico en reiteradas situaciones para adquirir una mayor comprensión de los conceptos y las relaciones entre ellos. En palabras de la misma autora, “al hacerlo “tangible” (es decir, manifestar lo aprendido) para uno y para los demás, mediante el lenguaje, es posible saber o evaluar si se ha alcanzado el patrón temático deseado científicamente”. El avance en el aprendizaje científicos conceptual puede ser un punto interesante de exploración en futura investigación relacionada con esta temática.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acher, A. (2014). Cómo facilitar la modelización científica en el aula. *Tecné, Episteme y Didaxis: Revista de la Facultad de Ciencia y Tecnología*, 36, 63-75. Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/ted/n36/n36a05.pdf>
- Adúriz-Bravo, A. e Izquierdo-Aymerich, M. (2009). Un modelo de modelo científico para la enseñanza de las ciencias naturales. *Revista electrónica de investigación en educación en ciencias*, 4(1), 40-49. Recuperado de [http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1850-66662009000100004&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1850-66662009000100004&lng=es&tlng=es)
- Aragón, L., Jiménez-Tenorio, N., Oliva-Martínez, J. y Aragón-Méndez M. (2018). La modelización en la enseñanza de las ciencias: criterios de demarcación y estudio de caso. *Revista Científica*, 32(2), 193-206. DOI: 10.14483/23448350.12972
- Calvo, D. (2006). *Modelos teóricos y representación del conocimiento* (tesis doctoral). Universidad Complutense de Madrid, Madrid, España. Recuperado de <https://eprints.ucm.es/7367/1/T29144.pdf>
- Cho, J., y Trent, A. (2006). Validity in qualitative research revisited. *Qualitative Research*, 6(3), 319-340.
- Concari, S. (2001). Las teorías y modelos en la explicación científica: implicancias para la enseñanza de las ciencias. *Ciência & Educação*, 7(1), 85-94. Doi: 10.1590/S1516-73132001000100006
- Diccionario de la Real Academia de la Lengua Española (2018). Recuperado de <https://dle.rae.es/?id=ABisSB6>
- Espinoza, C. y Camacho, J. (2016). Modelos cosmológicos en la ciencia escolar. Aportes desde la historia de la ciencia para su enseñanza– aprendizaje. *Revista Científica*, 27, 351-364. Doi: 10.14483/23448350.11078

- Francek, M. (2013). A Compilation and Review of over 500 Geoscience Misconceptions, *International Journal of Science Education*, 35(1), 31-64. DOI: 10.1080/09500693.2012.736644
- Gil-Pérez, D., Sifredo, C., Valdés, P., y Vilches, A. (2005). ¿Cuál es la importancia de la educación científica en la sociedad actual? En D. Gil-Pérez, B. Macedo, J. Martínez Torregrosa, C. Sifredo, P. Valdés & A. Vilches (Eds.). *¿Cómo promover el interés por la cultura científica? Una propuesta didáctica fundamentada para la educación científica de jóvenes de 15 a 18 años* (pp. 15-28). Santiago, Chile: OREALC/UNESCO.
- Gómez, A. (2013). Explicaciones narrativas y modelización en la enseñanza de la biología. *Enseñanza de las Ciencias*, 31(1), 11-28. Recuperado de <https://core.ac.uk/download/pdf/38990845.pdf>
- \_\_\_\_\_. (2014). El uso de representaciones multimodales y la evolución de los modelos escolares. En Merino, C., Arellano, M. y Adúriz-Bravo, A. *Avances en Didáctica de la Química: Modelos y lenguaje* (pp. 51-62). Valparaíso: Ediciones Universitarias. Recuperado de [https://www.researchgate.net/publication/274381053\\_Avances\\_en\\_didactica\\_de\\_la\\_quimica\\_Modelos\\_y\\_lenguajes](https://www.researchgate.net/publication/274381053_Avances_en_didactica_de_la_quimica_Modelos_y_lenguajes)
- Greca, I. y Moreira, M. (1998). Modelos mentales, modelos conceptuales, modelización. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, 15(2), 107-120.
- López-Mota, A. y Rodríguez-Pineda, A. (2013). Anclaje de los modelos y la modelización científica en estrategias didácticas. *Enseñanza de las Ciencias, Número extra*, 2008 -2013. Recuperado de <https://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/307675/397652>
- Macedo, B. (2016). *Educación científica*. Foro Abierto de Ciencias Latinoamérica y Caribe (CILAC). Organización de las Naciones Unidas para la Educación la Ciencia y la Cultura (UNESCO).
- Martín-Díaz, M. (2013). Hablar ciencia: si no lo puedo explicar, no lo entiendo. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 10(3), 291-306. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/920/92028240001.pdf>
- Marzábal, A. (2012). Las actividades de los libros de texto de química para la teoría corpuscular y su contribución a la evolución de los modelos explicativos. *Estudios pedagógicos*, 38(1), 181-196. doi: 10.4067/S0718-07052012000100011
- Mejías, N. y Morcillo, J. (2006). Concepciones sobre el origen de los terremotos: estudio de un grupo de alumnos de 14 años de Puerto Rico. *Enseñanza de las Ciencias*, 24(1), 125-138.
- Ministerio de Educación de Chile. (2016). Ciencias Naturales. Programa de Estudio Séptimo Básico. Santiago, Chile: Unidad de Currículum y Evaluación. Recuperado de [https://www.curriculumnacional.cl/614/articles-20720\\_programa.pdf](https://www.curriculumnacional.cl/614/articles-20720_programa.pdf)
- Patton, M. Q. (2001). *Qualitative research & evaluation methods*. (Tercera edición). Saint Paul, MN: Sage Publications.
- Pereda, S. y López-Mota, A. (2017). Construcción de modelos científicos escolares sobre fenómenos electrostáticos con estudiantes de secundaria. *Enseñanza de las Ciencias, extraordinario*, 4343-4349. Recuperado de [https://ddd.uab.cat/pub/edlc/edlc\\_a2017nEXTRA/20\\_-\\_Construccion\\_de\\_modelos\\_cientificos.pdf](https://ddd.uab.cat/pub/edlc/edlc_a2017nEXTRA/20_-_Construccion_de_modelos_cientificos.pdf)
- Raviolo, A., Ramírez, P., López, E. y Aguilar, A. (2010). Concepciones sobre el Conocimiento y los Modelos Científicos: Un Estudio Preliminar. *Formación Universitaria*, 3(5), 29-36. doi: 10.4067/S0718-50062010000500005
- Rodríguez-Pineda, D. y Faustinos, M. (2017). Progresión de los modelos sísmicos escolares: una estrategia didáctica para modelizar el origen de los terremotos en la educación primaria. *Enseñanza de las ciencias, extraordinario*, 461-467. Recuperado de [https://ddd.uab.cat/pub/edlc/edlc\\_a2017nEXTRA/37.progresion\\_de\\_modelos\\_sismicos\\_escolares.pdf](https://ddd.uab.cat/pub/edlc/edlc_a2017nEXTRA/37.progresion_de_modelos_sismicos_escolares.pdf)
- Schwarz, C., Reiser, R., Davis, E., Kenyon, L., Achér, A., Fortus, D., Shwartz, Y., Hug, B, y Krajcik, J. (2009). Developing a Learning Progression for Scientific Modeling: Making Scientific Modeling Accessible and Meaningful for Learners. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(6), 632-654. doi: /10.1002/tea.20311
- Tarback, E. J. y Lutgens, F. K. (2005). *Ciencias de la Tierra*. Madrid, España: Pearson Educación S.A. Recuperado de <https://www.osop.com.pa/wp-content/uploads/2014/04/TARBUCK-y-LUTGENS-Ciencias-de-la-Tierra-8va-ed.-1.pdf>