



Modelizar sismos para buscar explicaciones científicas: “vibraciones destructivas” una Secuencia enseñanza-aprendizaje en Ciencias para la Ciudadanía

Modeling earthquakes to search for scientific explanations: “destructive vibrations” a Teaching-Learning
Sequence in Science for Citizenship

Edith Herrera^{*1,2}, Cristóbal Andrés Sepúlveda Reyes¹

¹Universidad del Bío Bío, Ciencias de la Educación, Chillán, Chile.

²Universidad de Chile, Departamento Estudios Pedagógicos, Santiago, Chile.

Recibida en 23 de Agosto, 2024. Revisado en 06 de Diciembre, 2024. Aceptado en 07 de Diciembre, 2024.

El estudio propone caracterizar la enseñanza-aprendizaje de sismos en una secuencia didáctica para analizar las explicaciones científicas del estudiantado de tercer año de Ciencias para la Ciudadanía en un colegio polivalente en zona centro sur, Chile. La investigación sigue un enfoque cualitativo según Design Based Research (DBR), por tanto, los diseños para el aprendizaje están contextualizados. El diseño utilizó como estrategia la modelización y se desarrolló en cuatro fases: compartir saberes, poner a prueba los saberes, estructurar el aprendizaje nuclear, aplicar el aprendizaje nuclear. Las explicaciones se categorizaron según desempeño en tres niveles: descriptivo; relacional; causal y los modelos escolares de representar e interpretar y modelo de aplicar. Los resultados indican que a través de las actividades de aprendizaje propuestas el estudiantado progresó desde un modelo de representación estático de la tierra a un modelo final dinámico. Las explicaciones en un nivel inicial descriptivo cambiaron a un nivel causal debido a que incorporaron causa-efecto sobre sismos basados en evidencias científicas, además, el estudiantado expresó acciones preventivas de mitigación personal y ciudadana en caso de ocurrencia de sismos.

Palabras clave: Secuencia de aprendizaje, Explicación científica, Modelización, Ciencias para la Ciudadanía, Sismos.

The study proposes to characterize the teaching-learning of earthquakes in a didactic sequence to analyze the scientific explanations of third-year students of Science for Citizenship in a multipurpose school in the central-south zone, Chile. The research was carried out following a qualitative approach according to Design Based Research (DBR), therefore, the learning designs are contextualized. The design used modeling as a strategy and was developed in four phases: sharing knowledge, testing knowledge, structuring core learning, and applying core learning. The explanations were categorized according to performance in three levels: descriptive; relational; causal; and the school models of representing and interpreting and application model. The results indicate that through the proposed learning activities the students progressed from a static representation model of the earth to a final dynamic model. The explanations of an initial descriptive level changed to a causal level because they incorporated cause-effect on earthquakes based on scientific evidence, and the students expressed preventive actions for personal and citizen mitigation in case of earthquakes.

Keywords: Learning sequence, Scientific explanation, Modeling, Science for Citizenship, Earthquakes.

1. Introducción

La educación del riesgo sísmico es abordada por la investigación como una necesidad tangible para la ciudadanía, ya que tiene directa relación con la integridad y supervivencia de las personas. Los terremotos son fenómenos naturales muy frecuentes y en Chile solo en el año 2023 se detectaron 6900 sismos, de los cuales 10 son de magnitud igual o superior a 6.0 [1]. A esto se añade una larga historia de riesgos socio-naturales como erupciones volcánicas, debido a su ubicación dentro del cinturón de fuego del pacífico y su emplazamiento sobre la conjunción de las placas Nazca y Sudamericana. En

esta zona de subducción de las placas se produjo el terremoto de mayor magnitud registrado hasta la fecha, el terremoto de Valdivia (Chile) en 1960, que alcanzó una magnitud 9.5. Por lo tanto, se hace evidente la necesidad de contribuir desde la enseñanza de las ciencias naturales, en específico desde la física, a formar al estudiantado capaz de usar el conocimiento para adoptar acciones preventivas de mitigación en caso de ocurrencia de sismos, dado que los sismos de mayor magnitud en el planeta se producen en las zonas de subducción, que tienen longitud suficiente (segmentos de incluso más de 1000 km de longitud) para producir terremotos de magnitud alrededor de 9.0. Además, el desconocimiento que existe sobre las formas de actuación más adecuadas frente a sismos conduce al ciudadano a la toma de malas

*Endereço de correspondência: eherrera@ubiobio.cl

decisiones de comportamientos personales incorrectos o de riesgo.

Desde la didáctica de la física, [2] señala que los sismos se enseñan de forma tradicional, el alumnado asume un rol pasivo ante un docente que expone conocimientos y promueve un aprendizaje memorístico. Para [3] esto hace que el estudiantado, al momento de explicar el contenido de sismos, presente dificultades tales como: identificar el tipo de frontera de placas tectónicas; confusión a la hora de reconocer los puntos frecuentes de formación sísmica; falta de atribución de propiedades elásticas a las placas tectónicas como consecuencia del desconocimiento sobre dinamismo del interior de la tierra [4]. Asimismo, demuestran problemas al analizar la profundidad, área de ruptura, desplazamiento de las placas, la fluidez del desplazamiento y cómo estas variables se pueden interpretar según la escala Richter y la escala de Magnitud de momento, es decir, presentan obstáculos al relacionar la cantidad de energía de una onda sísmica con la distancia que recorre, al igual que asociar la escala de Mercalli con las formas de construcción, la distancia del epicentro y la magnitud de un sismo [3].

En la nueva asignatura de Ciencias para la Ciudadanía de 3° año de Secundaria, el módulo Seguridad, Prevención y Autocuidado propone la enseñanza para desarrollar las competencias del siglo XXI [5], desde el enfoque de una ciencia contextualizada en fenómenos relevantes, al igual que “maneras de pensar” (creatividad y pensamiento crítico); “herramientas para trabajar” (alfabetización informal y alfabetización en TIC); “maneras de trabajar” (comunicación y colaboración); “maneras de vivir en el mundo” (ciudadanía local y global, responsabilidad personal y social) en el

estudiantado [6]. Para lograrlo es necesario otorgar al estudiantado un rol activo en su aprendizaje, con mayor vinculación en los fenómenos de estudio en la clase, se vuelven así protagonistas y dan significado a los conceptos que están aprendiendo [7]. Asimismo, se requiere utilizar metodologías activas y actividades innovadoras que promuevan el autoaprendizaje del alumnado [8].

La importancia del estudio del riesgo sísmico en la escuela radica en saber el cómo y el por qué se produce este fenómeno natural. A la vez, otorga herramientas necesarias para actuar en caso de su ocurrencia. En este estudio se plantea una secuencia didáctica de enseñanza – aprendizaje destinada a buscar explicaciones del alumnado sobre el origen de los terremotos, indagar sobre su posible ocurrencia para establecer acciones preventivas de comportamiento que ayuden a minimizar los posibles daños personales y sociales.

2. La Modelización Como Enfoque Didáctico Para el Estudio de Sismos

Según [9] la modelización permite simplificar la realidad y buscar explicaciones a los fenómenos desde distintas disciplinas y como estrategia de enseñanza conecta el conjunto de decisiones que adopta el profesorado para promover una evolución en los modelos del estudiantado basadas en criterios concretos orientados al diseño de secuencias de enseñanza-aprendizaje [10]. Sin embargo, este mismo autor señala que hay diversas formas de interpretar modelización según muestra la Figura 1.

En este estudio se utiliza la modelización como una práctica científica escolar que implica la construcción,

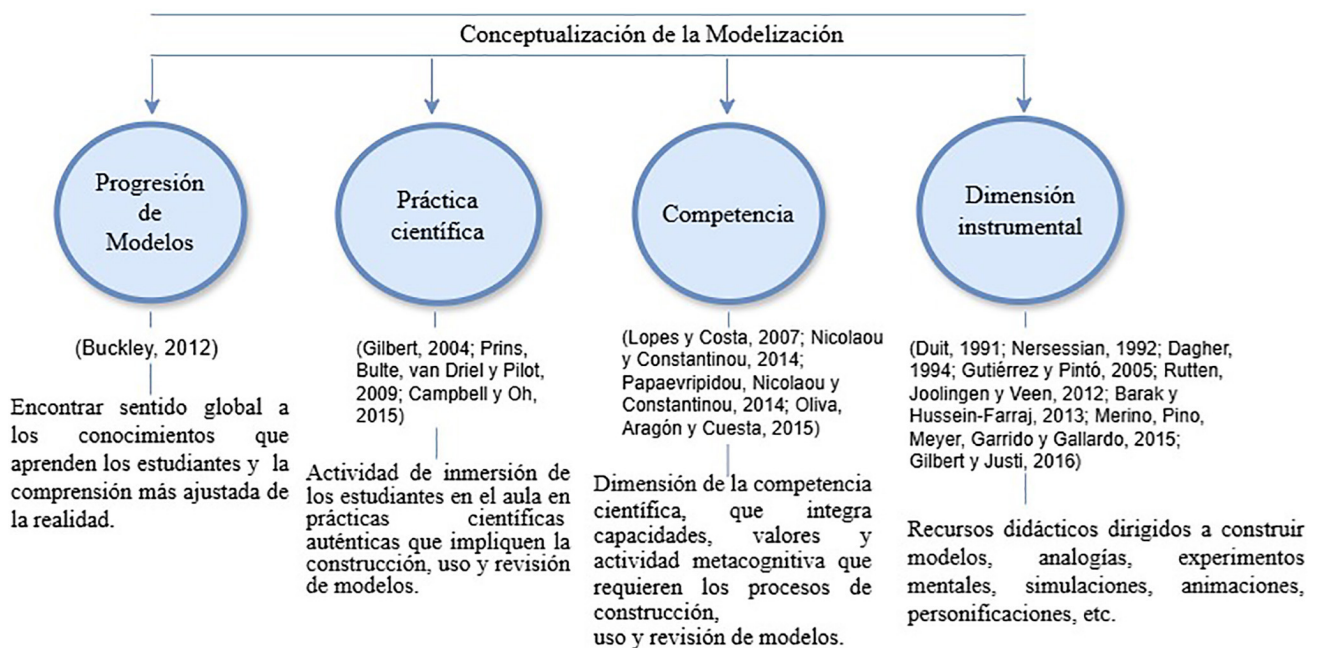


Figura 1: Conceptualización de la modelización según distintos autores (Oliva, 2019). *Nota.* Adaptada de [10].

uso y revisión de modelos sobre sismos por el estudiantado y también la indagación de acciones personales y ciudadanas para actuar frente a ellos. Los trabajos de [4, 11, 12] y [13], señalan que al utilizar la modelización e indagación en la enseñanza de sismos el estudiantado logró aclarar los conceptos erróneos sobre el origen de los sismos que poseía, se evidenció una mejora en las explicaciones científicas del alumnado añadiendo argumentos que explicitan causas – efectos y/o resultados del fenómeno en ellas y fueron capaces de añadir distintas soluciones a las consecuencias de los sismos.

En este sentido, de [11] y [9] añaden que la modelización es un proceso activo de elaboración y reelaboración de explicaciones científicas del mundo que permite la reflexión del alumnado al momento de construir representaciones delimitadas de la realidad que comienzan a través de la identificación de problemáticas reales. A partir de la creación de modelos, las explicaciones científicas permiten el desarrollo del proceso de creación de significado, considerando la cultura de la ciencia que posee el estudiantado y el contexto en el que se elabora la explicación científica [14]. Por esta razón autores como [15] proponen utilizar metodologías constructivistas como la modelización e indagación que permiten volver al alumnado el eje principal de la clase y que fomentan la enseñanza interdisciplinar del contenido [16].

3. Buscar Explicaciones en la Práctica Científica Escolar

Promover la elaboración de explicaciones de los fenómenos físicos, en el contexto del aula, desarrolla el pensamiento crítico y creativo, además de formar ciudadanos científicamente alfabetizados, principal objetivo de la educación científica [17]. En la práctica científica de modelización, la explicación científica se puede definir según [18] como una respuesta a una pregunta relacionada a un fenómeno que considera el cómo y/o el porqué del fenómeno utilizando el conocimiento científico previo del estudiantado, en consideración a las evidencias o aspectos que presenta el fenómeno modelizado. Esto permite que el estudiantado observe el mundo real, seleccione y utilice evidencia para relacionar conceptos sobre el fenómeno, teniendo en cuenta las causas y su funcionamiento [19]. De acuerdo con, [14] en clases de física predominan las explicaciones científicas basadas en leyes y las relaciones causales, siendo estas últimas las tratadas en este estudio. Según [20] a través de la explicación causal, podemos interpretar un fenómeno señalando las causas, las que cubrirán el caso real y responderán a una serie de preguntas sobre las variables que influyen en dicho fenómeno, por lo que su objetivo es determinar dichas relaciones causales, ayudándonos a proporcionar las causas del fenómeno estudiado. Al desglosar una explicación en una afirmación y en su

fundamento científico, tal como lo proponen [14], la tarea de relacionar la afirmación con las causas del fenómeno y con conceptos o teorías científicas se contacta más con el concepto de explicación para representar(se) un fenómeno natural que con las habilidades necesarias para producir una explicación en el marco de la argumentación científica que busca justificar un hallazgo del conocimiento y persuadir a alguien sobre éste.

Uno de los propósitos de la educación científica es la progresión desde las ideas intuitivas del estudiantado hacia modelos que permitan explicar fenómenos relevantes para su vida [21]. Aunque las explicaciones surgen a temprana edad en la relación del individuo con el entorno, explicar es una tarea compleja cuando las causas operan en el plano de estructuras no visibles [22]. Estas dificultades pueden perdurar hasta edades posteriores, constituyéndose en un problema. Según [23] los estudios internacionales muestran que el punto de partida para explicar es el fenómeno real, que cobra sentido a medida que el estudiantado relaciona, primero indirectamente los hechos y la teoría a través de los modelos y luego va evolucionando desde formas más sencillas y desarticuladas a otras más elaboradas, aproximándose progresivamente a modelos científicamente aceptados. Desde esta perspectiva, el aprendizaje de la construcción de una “explicación científica escolar” depende de la forma en que los profesores aborden su enseñanza o del contexto de aprendizaje creado, pero es importante considerar que el aprendizaje de las habilidades para explicar requiere diferenciar entre los procesos de construcción lógica de una explicación científica y de enseñarla en el aula [24].

En este trabajo se recupera la propuesta de los niveles de conceptualización de las explicaciones científicas escolares que son entendidas en este estudio como una construcción lingüística y cognitiva que hace una aplicación explícita de alguna teoría, que trasciende la descripción de patrones, para revelar las relaciones causales o mecanismos subyacentes a una situación o fenómeno [14]. Concordamos con [25] en que las explicaciones científicas escolares contribuyen a visibilizar el pensamiento del alumnado sobre diversos fenómenos tanto aquellas explicaciones que son iniciales, es decir, previas a la instrucción formal como aquellas que se construyen en la escolaridad, en especial cuando se utilizan estructuras de apoyo que contribuyen a tomar conciencia sobre las ideas y su estructuración en una producción textual disciplinar específica como lo es la explicación científica escolar.

4. Secuencia de Enseñanza – Aprendizaje de Sismos

La secuencia de enseñanza – aprendizaje (SEA) de sismos se diseñó para el módulo de Seguridad, Prevención y Autocuidado, según progresión del aprendizaje nuclear que incluye: los conceptos clave, habilidad científica (explicación) y la actitud, según muestra la Figura 2.

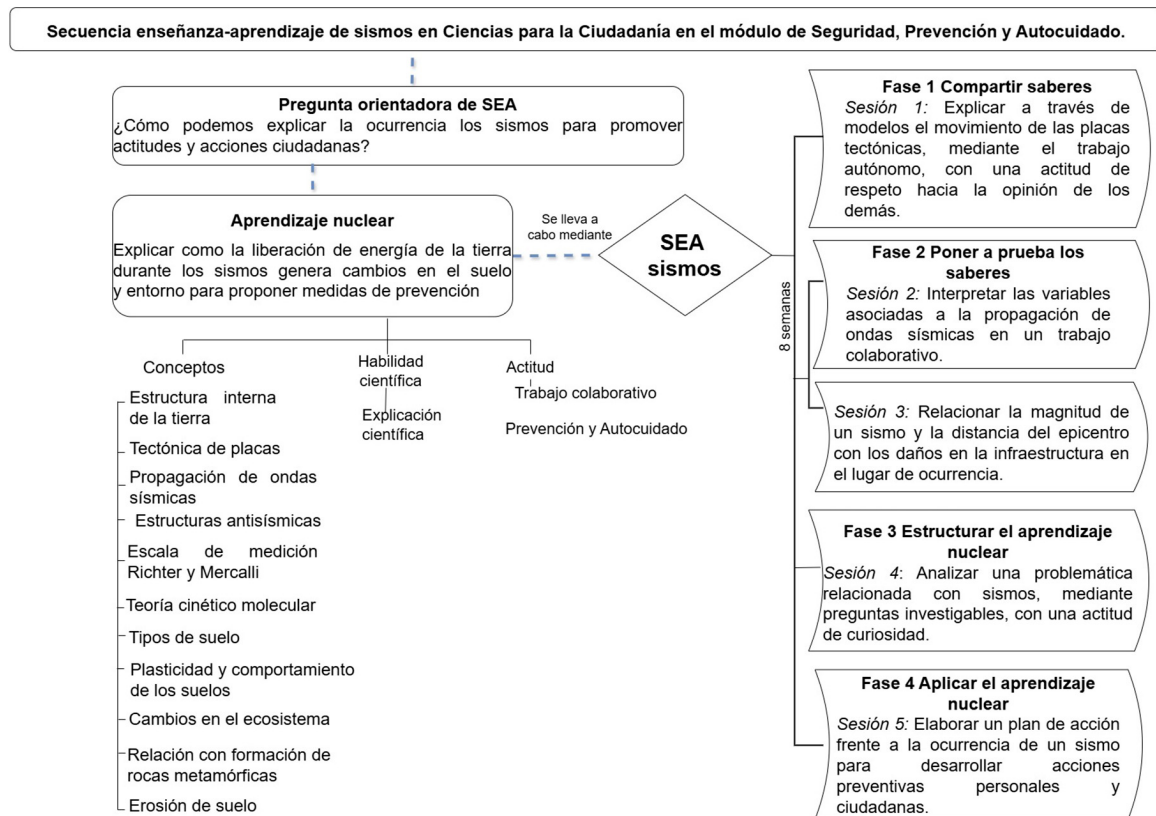


Figura 2: Ruta SEA “vibraciones destructivas” en Ciencias para la Ciudadanía. *Nota.* Elaboración. propia 2024.

Para el seguimiento de este se delimita una pregunta que orienta al estudiantado ¿Cómo podemos explicar la ocurrencia de los sismos para promover actitudes y acciones ciudadanas? El diseño de SEA se realizó basado en las fases de [26]. Las fases de la ruta de aprendizaje SEA consideró: 1) Expresando y compartiendo los saberes, habilidades y actitudes científicas; 2) Poniendo a prueba los saberes; 3) Estructurando el aprendizaje nuclear; 4) Aplicando el aprendizaje nuclear (Ver Figura 2).

Según la Figura 2, la secuencia didáctica “vibraciones destructivas” se inicia al plantear la problemática contextualizada al alumnado del sismo ocurrido el 27 de febrero (27F) del año 2010 en la región de Ñuble. Basado en ello, se desarrolló la SEA que consideró cuatro fases:

Fase 1 “Compartir los saberes”. En esta etapa se exploraron las ideas previas del alumnado sobre la tectónica de placas, en las actividades de aprendizaje 1 y 2, las cuales se evaluaron a través de la representación en dibujos realizados para crear un modelo inicial.

Fase 2 “Poner a prueba los saberes”, el diseño incluyó dos sesiones. La primera sesión con el objetivo de analizar el origen de las ondas sísmicas y la forma de propagación con las actividades de aprendizaje propuestas (3 y 4). En la segunda sesión, el estudiantado identificó las escalas de medición sísmica y las normativas que rigen la construcción antisísmica en Chile (actividades de aprendizaje 5 y 6). En ambas sesiones, la evaluación

involucró la descripción del fenómeno representado y/o sus consecuencias.

Fase 3 “Estructurar el aprendizaje nuclear” en el diseño de esta sesión el estudiantado realizó las preguntas de indagación para analizar estudios casos de sismos históricos ocurridos en el país y el terremoto de Turquía (2023), estas mismas preguntas investigables se utilizaron para desarrollar la actividad de aprendizaje 7.

Fase 4 “Aplicar el aprendizaje nuclear” en una sesión el estudiantado transfirió los aprendizajes adquiridos en la SEA, para ello, propusieron la creación de un protocolo de acción en el caso de que ocurra un sismo en las distintas circunstancias planteadas (actividad de aprendizaje 8). El modelo final se evaluó a través de este protocolo sobre acciones y actitudes personales y ciudadanas ante los sismos.

5. Metodología

Esta investigación se realizó según Design Based Research (DBR) siguiendo un enfoque cualitativo, exploratorio y descriptivo. La investigación de diseño asume que el aprendizaje es contextualizado. En un entorno de aprendizaje [27] la pregunta que centra las investigaciones de diseño no es si “algo” funciona, sino cómo funciona. Según [28] la investigación de diseño aborda, por un lado, la necesidad de tener una comprensión

más sistemática de los logros y desafíos en diseñar e implementar entornos educativos innovadores. Por otro lado, contribuye a generar herramientas didácticas de diseño que permitan mediar entre el diseño teórico y la práctica educativa en el aula [29]. Por tanto, la investigación de diseño es una actividad teórica que asume intrínsecamente una hipótesis de cómo ocurre el aprendizaje en algunos contextos y cómo se propone apoyarlo. De esta forma nuestro estudio llevó a cabo el diseño, implementación y evaluación de una secuencia de enseñanza – aprendizaje [29] para dar respuesta a la pregunta: ¿Cómo el diseño, implementación y evaluación de una secuencia de sismos promueve las explicaciones científicas en el estudiantado de Ciencias para la Ciudadanía? Se consideró los siguientes objetivos específicos:

- a) Describir los aspectos didácticos-pedagógicos que caracterizan una secuencia enseñanza-aprendizaje de sismos en Ciencias para la Ciudadanía en tercer año de Secundaria.
- b) Analizar las explicaciones científicas sobre sismos del estudiantado en las actividades de aprendizaje de la secuencia enseñanza-aprendizaje sobre sismos en Ciencias para la Ciudadanía.

5.1. Contexto y muestra

La implementación de la SEA se llevó a cabo por un futuro profesor de ciencias naturales, mención Física durante la práctica profesional en el módulo de Seguridad, Prevención y Autocuidado en la asignatura de Ciencias para la Ciudadanía. La ruta SEA de sismos se diseñó e implementó en un establecimiento de Secundaria Polivalente que incluye enseñanza científico-humanista y técnico profesional, de la zona centro sur del país, en la región de Ñuble, epicentro del sismo de Chile del año 2010.

La investigación incluyó una muestra de 90 estudiantes que corresponde a la población completa del nivel tercer año en los cursos A, B y C de la asignatura de Ciencias para la Ciudadanía. La elección de la muestra se hizo a conveniencia, las edades del estudiantado fluctúan entre 16-17 años, distribuidos en los siguientes cursos como muestra la Tabla 1.

Tabla 1: Caracterización de la muestra.

N.º			
Curso	Estudiantes	Modalidad	Especialidad
Tercero A	45	Científico-Humanista	No aplica
Tercero B	20	Técnico profesional	Mecánica industrial
Tercero C	25	Técnico profesional	Gastronomía internacional

5.2. Instrumentos de recolección de datos

- a) **SEA.** Se diseñó una secuencia de enseñanza-aprendizaje de sismos denominada “Vibraciones destructivas” con actividades de aprendizaje y evaluación siguiendo las orientaciones de [30]. Contempló en su aplicación 8 semanas de implementación en sesiones de dos horas en Ciencias para la Ciudadanía. (Ver Figura 2).
- b) **Guías didácticas.** Corresponden a producciones escritas por el estudiantado desarrolladas durante las actividades de aprendizaje en clases, con el propósito de recopilar sus explicaciones.
- c) **Rúbrica para evaluar modelos.** Instrumento para el seguimiento del aprendizaje del estudiantado en el modelo escolar (inicial y final) de sismos sobre la estructura interna de la tierra basado en [31] y [32], cuyos indicadores se presentan en la Tabla 2.
- d) **Rúbrica para evaluar explicaciones científicas.** Instrumento basado en la propuesta por [25] y adaptada luego de una doble validación en su diseño, por didactas especialistas y docentes en ejercicio en la asignatura de Ciencias para la Ciudadanía, como muestra la Tabla 3.

5.3. Análisis de los datos

El análisis de los datos se realizó según el discurso textual escrito por el alumnado en las actividades de aprendizaje diseñadas para SEA “Vibraciones destructivas” en el modelo de la estructura interna de tierra: modelo de representar- interpretar (MRI) y modelo de aplicación de ideas (MAI), basados en [31] y [32]. Las explicaciones científicas orales y escritas de cada grupo se estudiaron según nivel de logro: descriptivo, relacional y causal, según [25] y [33]. En todos los datos recopilados de los informantes clave, se consideraron los resguardos éticos, incluidos los consentimientos informados de cada participante.

Tabla 2: Rúbrica para evaluar el modelo científico escolar de sismos.

Modelo	Modelo de Representar-interpretar (MRI)
Inicial	Indicador
Inicial	Es incapaz de representar, escenificar o comunicar las estructuras del movimiento de la litósfera, tales como forma, tamaño, movimiento y causante.
Intermedio	Representa, escenifica o comunica parcialmente las estructuras del movimiento de la litósfera, tales como forma, tamaño, movimiento y causante.
Avanzado	Representa, escenifica o comunica correctamente todas las estructuras del movimiento de la litósfera, incluyendo forma, tamaño, movimiento y causante.

Nota. Basada en [31] y [32].

del estudiantado sobre el origen y propagación de los sismos. Se evalúan mediante una rúbrica para explicaciones científicas, basada en [25] que se presenta en la Tabla 3.

Actividad 1 modelo inicial, se recogieron las explicaciones científicas del alumnado por grupos de trabajo para explorar sus ideas previas sobre la estructura interna de la tierra, a través de la representación de la litósfera, capa superficial del planeta, y la astenosfera, capa del manto superior formada por roca sólida parcialmente fundida que se comporta como una capa plástica y dúctil que puede fluir. Ver rúbrica (Tabla 4).

Tabla 4: Clasificación modelo inicial del estudiantado sobre los límites de placas.

Modelo Inicial	Modelo de Representar-interpretar MRI Indicador	Act. 1	Act. 2
Inicial	Es incapaz de representar, escenificar o comunicar las estructuras del movimiento de la litósfera, tales como forma, tamaño, movimiento y causante.	94,4%	100%
Intermedio	Representa, escenifica o comunica parcialmente las estructuras del movimiento de la litósfera, tales como forma, tamaño, movimiento y causante.	5,6%	0%
Avanzado	Representa, escenifica o comunica correctamente todas las estructuras del movimiento de la litósfera, incluyendo forma, tamaño, movimiento y causante.	0%	0%

Nota. Elaboración propia 2024.

Para orientar la actividad 1, se organizan grupos de 4 o 5 estudiantes y crean una mezcla homogénea de

tierra y agua, a la que se le añaden trozos de cartón representando a la litósfera. El alumnado dibuja los trozos de cartón y luego se agita la mezcla y se vuelve a dibujar. Los resultados obtenidos se muestran en la Figura 4.

Actividad 2 modelo inicial, se recogieron las ideas previas del alumnado sobre los límites de placas, considerando que en el límite convergente dos placas chocan entre sí y la placa más densa avanza por debajo de la placa menos densa, destruyendo corteza. En el límite divergente las placas se alejan entre sí creando corteza. El límite transformante, una placa se desplaza de forma lateral respecto a la otra, no se crea ni destruye corteza.

En la representación de esta actividad es importante poner atención en el uso de los dos trozos de madera que simulan las placas tectónicas, porque al mover los trozos unidos a través de la cartulina se demuestran los efectos del límite convergente en el relieve terrestre, como muestra la Figura 5.

El modelo científico escolar inicial de sismos representado en las actividades 1 y 2 se evalúa mediante una rúbrica que se presenta en la Tabla 4.

Los resultados de las explicaciones de la mayor parte del estudiantado señalan una concepción de la estructura interna de la tierra a través de un *modelo inicial de representar e interpretar (MRI) estático*, desconociendo en sus explicaciones sobre causas y consecuencias del modelo dinámico de la estructura interna de la tierra. Estos hallazgos en las ideas iniciales concuerdan con [13], cuando mencionan que el alumnado no reconoce que el movimiento de la litósfera se debe a la astenosfera, expresando que el interior de la tierra es estático y atribuyen el movimiento de la litósfera a factores externos como meteoritos o al giro del planeta. Por su parte, [4] indicó que el alumnado asocia los terremotos a las placas tectónicas, pero no relacionan con el movimiento de estas, debido a las dificultades que presentan sobre la

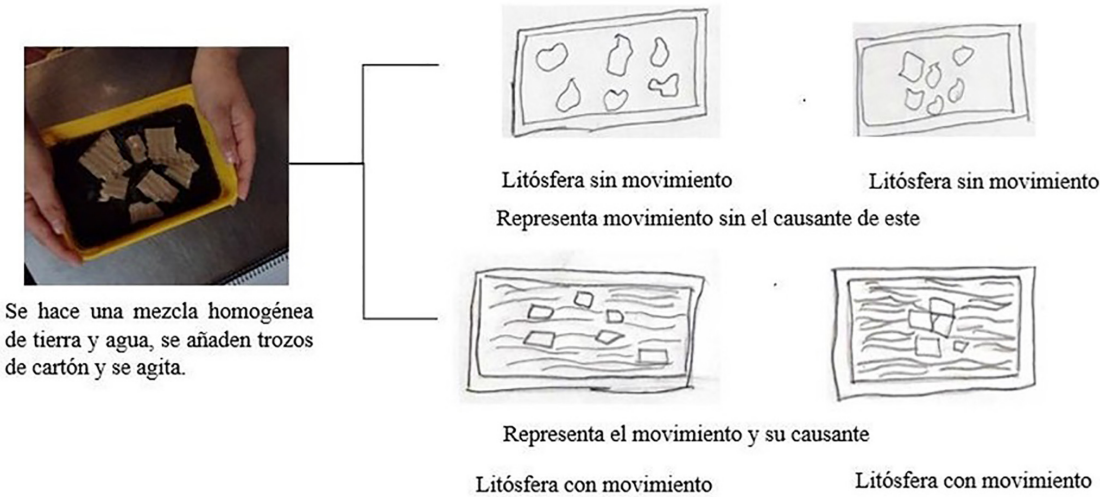


Figura 4: Modelos inicial fase 1 compartir saberes, actividad 1. Nota. Elaboración propia 2024.

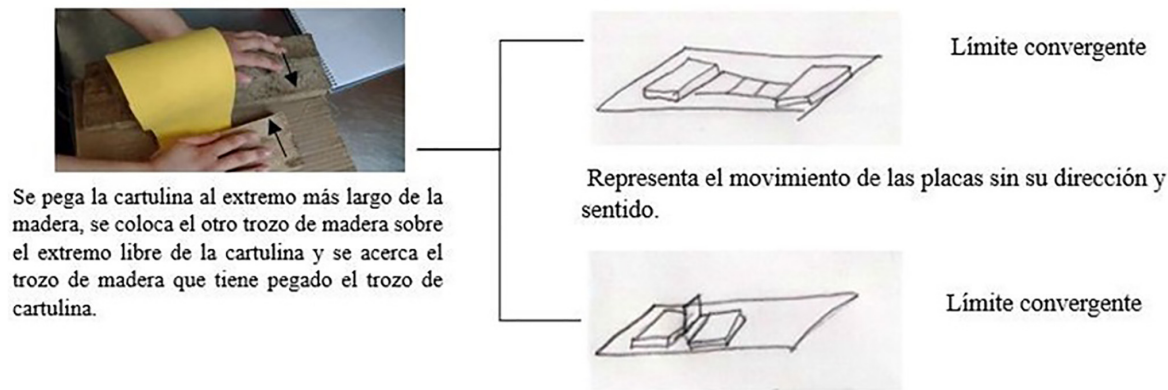


Figura 5: Modelos inicial fase 1 compartir saberes, actividad 2. Nota. Elaboración propia 2024.

comprensión de las propiedades elásticas y dinámicas de la corteza terrestre.

6.3. Fase Poner a prueba los saberes y actividades de aprendizaje

En esta fase se propone la representación de límites de placas y el movimiento de las ondas sísmicas para analizar las explicaciones científicas sobre sismos del estudiantado como muestra la Tabla 5, después de cada actividad grupal desarrollada por el alumnado, se responden preguntas de las guías entregadas en las clases.

En la actividad 3, el profesor propone a los grupos desarrollar la representación del límite convergente, para ello se utilizó un bloque de madera con un corte de 45° ubicados en una prensa tornillo (Ver Tabla 5). Esta representación facilita explicar la integración de conceptos de Biología y Física como: cambios en el ecosistema, relación con formación de rocas metamórficas y erosión de suelo. Al finalizar la actividad se resuelven preguntas enfocadas a la comprensión del fenómeno, tal como ¿Cuáles son las consecuencias que trae consigo en el ambiente este tipo de límite de placa?

En la actividad 4, los integrantes de los grupos simularon la representación del desplazamiento de las

Tabla 5: Actividades de aprendizaje Fase 2 Poner a Prueba los Saberes.

Actividad 3 representación de los límites.	Actividad 4 movimiento de ondas sísmicas.	
	 Onda P Se dilata Se contrae	 Onda S
– Se introducen los trozos de madera en la prensa tornillo y se cerró para ver el efecto.	Ondas P medio sólido – Se forman una fila de estudiantes y colocan las manos sobre los hombros de la persona de adelante, una vez en posición se da un pequeño impulso para observar el fenómeno. Ondas P medio líquido – Se forma una fila de estudiantes y colocan las manos cerca de los hombros de la persona de adelante, una vez en posición se da un pequeño impulso para observar el fenómeno.	Ondas S medio sólido – Se forma una línea y se entrecruzan los brazos firmemente, una vez en posición se mueve a una persona del extremo de la fila hacia delante y atrás. Ondas S medio líquido – Se forma una fila de estudiantes y se mueve a una persona del extremo hacia delante y atrás.

Nota. Elaboración propia 2024.

ondas P y S en medio sólido y líquido con la guía del futuro profesor. Una vez concluida la actividad, responden a preguntas como por ejemplo ¿Por qué las ondas S se pueden propagar en medio sólido, pero no en medio líquido?

Las actividades en la Tabla 6 proponen la representación de las partículas del suelo a distinta densidad y la relación entre los daños sufridos en las estructuras con la distancia al epicentro para analizar las explicaciones científicas sobre sismos del estudiantado, después de cada actividad grupal desarrollada por el alumnado,

Tabla 6: Actividades de aprendizaje Fase 2 Poner a Prueba los Saberes.

Actividad 5 movimiento de partículas del suelo según densidad.	Actividad 6 relación distancia al epicentro y daños del sismo.
	
– Se colocan 5 pelotas de ping pong en la caja y se añaden más de forma gradual para observar el movimiento de estas.	– Se coloca el trozo de cartón entre dos mesas, para luego formar estructuras con los dados y accionar el taladro.

se responden preguntas de las guías entregadas en las clases.

En la actividad 5 se integra los conceptos de Química con la Física al representar la teoría cinético molecular, tipos de suelo, plasticidad y comportamiento de los suelos y discutir las relaciones de cada uno de ellos en la propagación de ondas sísmicas. Finalizada la actividad, se resuelven preguntas enfocadas al movimiento de las partículas según densidad ¿Cómo se mueven las pelotas de ping -pon (partículas) cuando se agregan o disminuyen el número en la superficie?

En la actividad 6, se utilizan dados para la creación libre de estructuras edificables que permiten demostrar la relación entre distancia al epicentro y los daños causados basados en las normativas de construcción en Chile, escalas sísmicas y sus variables. Luego, el estudiantado responde a preguntas asociadas a las variables (distancia al epicentro, formas de construcción, lugar y otras) que considera la escala Mercalli y su impacto en la sociedad, a modo de ejemplo ¿Cómo se relaciona la distancia del epicentro a la que se encuentran las estructuras con los daños causados en la sociedad?

La Figura 6 muestra el gráfico con el nivel de logro alcanzado por el estudiantado en las explicaciones científicas según actividades de la fase 1 compartir saberes y 2 poner a prueba los saberes de la ruta SEA.

La Figura 6 muestra que al medir el nivel de las explicaciones científicas del alumnado en la actividad 1 y 2, el 76% se posiciona en el nivel relacional, mientras que el 24% restante en el nivel descriptivo, no hay explicaciones en el nivel causal. En cuanto a las actividades 3 y 4, el 89% del estudiantado se encuentran en el nivel relacional, en tanto el 11% restante se ubica en el nivel

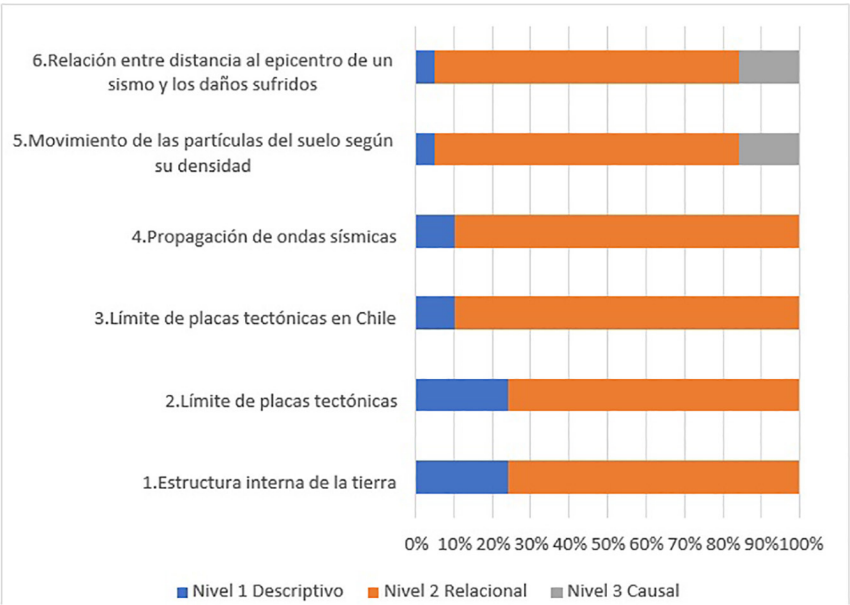


Figura 6: Niveles alcanzados por las explicaciones científicas del alumnado. *Nota.* Los resultados mostrados corresponden a los niveles alcanzados por las explicaciones científicas del alumnado.

descriptivo. Para las actividades 5 y 6, los resultados de aprendizaje fueron similares, el 79% de las explicaciones se encuentran en el nivel relacional, el 16% en el nivel causal y el 5% en el nivel descriptivo, por lo tanto,

el estudiantado mejoró sus explicaciones científicas con el desarrollo de actividades de modelización.

Se presenta en la Tabla 7, a modo de ejemplo, un análisis de los resultados cualitativos de las explicaciones por

Tabla 7: Explicaciones científicas textuales del estudiantado según niveles de logro.

Actividad	Explicaciones científicas del alumnado	Análisis desde la Física	Nivel
Act.1	El grupo 10, en la representación del movimiento de la litosfera por la astenosfera, explicó: <i>“Flujo del agua y por el movimiento del recipiente”</i>	El alumnado solo describe la causa del movimiento.	Descriptivo
Act.2	El grupo 2, en la representación de los límites de placas, mencionó consecuencias como: <i>“montañas”</i>	En la explicación incluye solo el efecto del límite convergente.	
Act.3	El grupo 6, en la representación de límites de placas presentes en Chile, señaló solo: <i>“convergente”</i>	En la explicación se identifican el límite de placa, sin dar componentes explicativos relacionados con sismos.	
Act.4	El grupo 17, en el modelo del desplazamiento de las ondas P y S, mencionó que <i>“En los sólidos las partículas están compactas y en los líquidos separadas”</i>	Identifican como se encuentran las partículas en medios sólidos y líquidos cuando una onda sísmica se propaga por estos medios.	
Act.5	El grupo 7, en la modelización de movimiento de las partículas según la densidad del suelo, explicó: <i>“Solo vibran y saltan un poco”</i>	Incluyen solo el efecto del comportamiento de las partículas del suelo a distinta densidad frente a ondas sísmicas.	
Act.6	El grupo 17, en la representación de la relación distancia al epicentro y daño del sismo, mencionó: <i>“mayor intensidad, mayor daños”</i>	Las explicaciones, se asocian solo al concepto de energía y se describe solo lo que observaron.	
Act.1	En esta actividad, el grupo 22 indicó: <i>“se debe a que los trozos de cartón están sobre el barro, lo que hace que se muevan”</i>	Incluyen causa y efecto con una breve descripción de la estructura interna de la tierra.	Relacional
Act.2	En esta actividad, el grupo 13 mencionó: <i>“la primera [límite convergente], ya que al chocar genera energía y se producen terremotos”</i>	Identifican el límite convergente y establecen la relación causa-efecto.	
Act.3	En esta actividad, el grupo 12 señaló: <i>“es una frontera convergente, dado que hay una placa + densa y otra – densa”</i>	Reconocen el tipo de límite de placas y señala componentes teóricos asociados a sismos.	
Act.4	En esta actividad, el grupo 21, indicó: <i>“porque son ondas longitudinales y en algún momento ocurrirá la reacción característica de estas (dilatarse y contraerse), en cambio las secundarias son transversales, y si no se encuentran juntas (sólida) no se propagan”</i>	Las explicaciones establecen la relación causa-efecto y menciona conceptos científicos asociados a sismos.	
Act.5	En esta actividad, el grupo 6, señaló: <i>“Al aplicar energía existe un mayor movimiento al tener más espacio”</i>	Establecen la relación causa-efecto con una breve explicación de las variables asociadas a sismos.	
Act.6	En esta actividad el grupo 8 indicó: <i>“La distancia influye, ya que al ser el epicentro la vibración es mayor generando más daño”</i>	Reconocen causas-efectos y componentes teóricos asociados a sismos.	
Act.5	Según el grupo 1: <i>“la relación entre la intensidad de un sismo y los daños en la infraestructura es que entre más intensidad, mayores daños en la infraestructura, dado que las ondas son más “fuertes” (intensas) y la energía propagada es mayor”</i>	Incluye frase inicial que describe el fenómeno, establece relación causa-efecto y menciona componentes teóricos.	Causal
Act.6	Para el grupo 5 <i>“la relación entre velocidad y energía de una onda sísmica es que cuando el medio es más denso, la velocidad disminuye y por ende la energía que se propaga se ralentiza, y así viceversa, cuando el medio es menos denso, la velocidad aumenta”</i>	Incluye frase inicial que describe el fenómeno, establece relación causa-efecto y menciona componentes teóricos.	

Nota. Elaboración propia 2024.

cada una de las actividades realizadas y categorizadas según los niveles de la rúbrica adaptada de [25].

La Tabla 7 muestra como evolucionan las explicaciones científicas del alumnado, desde el nivel de logro descriptivo hasta alcanzar el nivel relacional y causal, durante el desarrollo de las actividades de aprendizaje, siendo capaces de identificar causas-efectos y añadiendo conceptos asociados al fenómeno de sismos. Esto concuerda con [4, 13], quienes mencionaron que a través de la modelización las explicaciones del alumnado mejoran los argumentos haciendo que sean precisos. Según [11] a través de modelos las explicaciones del estudiantado pasan de describir el fenómeno a buscar soluciones. Por su parte, [12] señalan que mediante la modelización del alumnado adquieren nuevos conocimientos, utilizan nuevo lenguaje y crean argumentos más robustos, evolucionando a formas elaboradas, asemejándose a modelos científicamente aceptados.

6.4. Fase Estructurar el aprendizaje nuclear de sismos

Para la actividad 7, en grupos colaborativos analizan casos reales de terremotos ocurridos en el país y el más reciente en Turquía para elaborar preguntas de indagación que relacionen los conceptos físicos de sismos con los aspectos sociales-ciudadanos según Figura 7 y Tabla 8.

La Tabla 8, muestra el análisis de preguntas de indagación creadas en grupos colaborativos para averiguar sobre problemáticas delimitadas de sismos local, nacional y mundial.

La Tabla 8 muestra que la mayoría de las preguntas planteadas por el alumnado respecto a las problemáticas propuestas abordaron el ámbito conceptual de las ciencias y en menor cantidad a los impactos sociales, lo que concuerda con [35, 36] y [37], quienes evidenciaron

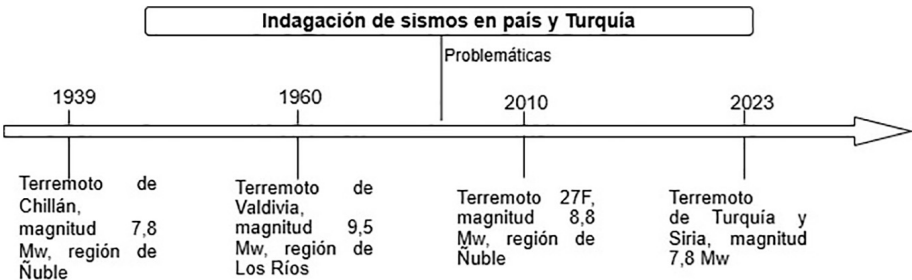


Figura 7: Indagación histórica de sismos del contexto local, nacional y mundial. Nota. Elaboración propia 2024.

Tabla 8: Preguntas indagación construidas por el estudiantado sobre sismos.

Preguntas investigables	Sociales/ Ciudadanas		
	Conceptuales	Otras	
¿Por qué el terremoto de Turquía y Siria alcanzó tal magnitud?	•		
¿Cómo afecta el territorio en la seguridad de las personas?	•		
¿Cómo se relaciona la intensidad de un sismo con los daños de la infraestructura?	•		
¿Cuáles serían las consecuencias de que estos edificios se derrumban?	•		
¿Por qué la escala de mercalli fue tan alta?		•	
¿Qué relación tienen las condiciones climáticas con las muertes registradas en el terremoto de Turquía?		•	
¿Cómo afectó a la geografía de Valdivia en la destrucción ocurrida por el sismo?		•	
¿Cómo podríamos tener una población más tranquila en este tipo de desastres naturales?	•		
¿Qué consecuencias desde el punto de vista de la biología causó el terremoto?		•	
¿Cuánto duró este terremoto?			•
¿Cuáles fueron las medidas tomadas por las autoridades para ayudar a las personas afectadas por el terremoto 1939 y 2010?	•		
¿Cómo afectó el terremoto a la economía chilena?	•		
¿Cuál fue la magnitud de este destructivo terremoto de Valdivia?			•
¿Cómo afectó a la cultura?	•		
¿Por qué los daños causados por el terremoto de Turquía y Siria fueron tan fatales a nivel estructural en los países ya mencionados?		•	

Nota. Elaboración propia 2024.

que al trabajar con problemáticas socio-científicas en clases de ciencias, el alumnado tiende a dar un enfoque más científico a sus trabajos. Por su parte, [38] y [39] señalan que en problemáticas socio-científicas los intereses sociales del estudiantado tienen relación con la seguridad y bienestar de las personas, estos mismos autores mencionan que en menor medida el estudiantado se interesa por las repercusiones políticas y económicas de las problemáticas.

6.5. Análisis de las explicaciones científicas sobre sismos del estudiantado en las actividades de aprendizaje actividades de la SEA. Fase Aplicando el aprendizaje nuclear

Para la actividad 8 el estudiantado de forma colaborativa elaboró planes de acción según un caso ficticio asignado a cada grupo. Los casos de estudio corresponden a sismos de distintas magnitudes, considerando diversos contextos como, por ejemplo: de vacaciones en la playa, en un centro comercial, en la sala de clases, en el piso 14 de un edificio. A continuación, se presentan las acciones y actitudes que menciona el alumnado con mayor frecuencia en sus planes de acción.

La Figura 8 indica que las acciones más utilizadas por el alumnado son buscar un lugar seguro (18%), informarse en medios de comunicación (15,7%), alejarse de pilares y ventanas (12,7%), caminar hacia lugares altos (10,5%), buscar ayuda (9,9%), evacuar rápidamente (8,7%), asegurarse de no tener heridas (7,6%), ayudar a familiares y vecinos (6,4%). Estos resultados concuerdan con [40–42] y [43], quienes mencionan que dichas actitudes (mantener la calma, actitud positiva y estado de alerta) y acciones (buscar lugar seguro, solicitar ayuda y evacuar) son aprendidas por el alumnado durante simulacros y/o de sus familias. Respecto a las actitudes más utilizadas en los planes de acción por parte

del estudiantado son mantener la calma (37,1%), actitud positiva (25,8%), solidaridad (16,9%) y estado de alerta (9%).

La Tabla 9 está asociada a la fase aplicar el aprendizaje nuclear y recoge las explicaciones del modelo final (MAI) a través de acciones preventivas de mitigación y actitudes ciudadanas en un protocolo de acción en caso de ocurrencia de sismos.

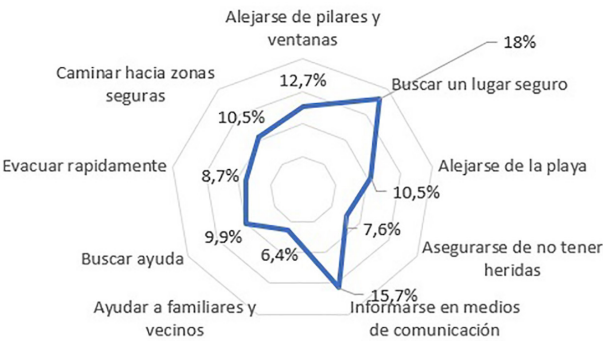
Tabla 9: Clasificación modelo final del estudiantado sobre sismos.

Modelo Final	Modelo de Aplicación de ideas MAI Indicador	Porcentaje
Inicial	Aplica de forma incorrecta los modelos aprendidos en situaciones novedosas.	0%
Intermedio	Aplica parcialmente los modelos aprendidos a situaciones novedosas, tales como prevención o diseñar planes de acción.	27,8%
Avanzado	Aplica los modelos aprendidos a situaciones novedosas, tales como prevención o diseñar planes de acción.	72,2%

Nota. Elaboración propia 2024.

En este modelo final del estudiantado se observa un avance desde un modelo estático de la estructura interna de la tierra a un modelo dinámico, siendo capaces de asociar el movimiento de la litósfera a las características plásticas de la astenosfera y de aplicar los conocimientos a nuevas situaciones. Esto concuerda con [4, 13], los cuales mencionan que mediante la modelización se puede refutar ideas previas (modelo inicial) erróneas o incompletas, haciéndolos avanzar en su complejidad, abstracción, aplicación y comunicación.

a) Acciones propuestas en protocolo preventivo de sismos



b) Actitudes ciudadanas en el plan de acción

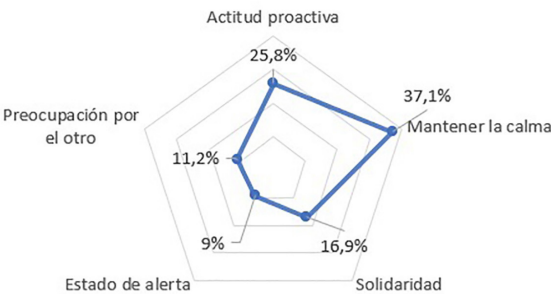


Figura 8: Acciones y actitudes ciudadanas propuestas en los planes de acción del alumnado. Nota. Elaboración propia 2024.

7. Conclusión

En este estudio analizamos las explicaciones escritas del estudiantado de tercer año de Secundaria en la asignatura Ciencias para la Ciudadanía en las actividades de aprendizaje de la secuencia de enseñanza – aprendizaje para dar respuesta a ¿Cómo podemos explicar la ocurrencia de los sismos para promover actitudes y acciones ciudadanas? Con respecto a esta pregunta se pudo concluir que:

- 1) Los niveles de logro de las explicaciones científicas escritas por el alumnado evidencian un avance positivo durante el desarrollo de las actividades de modelización de la SEA, mejorando las explicaciones desde el nivel descriptivo hacia un nivel de logro causal, expresando la causa-efectos de los fenómenos de sismos con la inclusión de datos teóricos y empíricos.
- 2) El modelo inicial evidencia explicaciones del estudiantado con una concepción de la estructura interna de la tierra de representar e interpretar (MRI) estático, con ausencia de causas y consecuencias sobre el dinamismo de la tierra. Sin embargo, al finalizar la SEA este modelo cambia a un modelo final (MAI) dinámico, siendo capaces de asociar el movimiento de la litósfera a las características plásticas de la astenosfera y aplicar sus explicaciones a nuevas situaciones.
- 3) El estudiantado trabajando en grupos colaborativos en la clase, se interesaron por profundizar y ampliar sus conocimientos sobre los sismos que los llevó a reconsiderar sus actitudes y emociones en caso de ocurrencia y crear un protocolo preventivo con propuestas de acciones individuales y ciudadanas.

Los aspectos didácticos-pedagógicos que caracterizan una secuencia enseñanza-aprendizaje de sismos en Ciencias para la Ciudadanía en tercer año de Secundaria corresponden a:

- 1) La SEA “*vibraciones destructivas*” se caracteriza por estudiar los sismos en nuestro país, y a nivel mundial desde el diseño de un aprendizaje nuclear que incluye: conceptos, habilidades científicas y actitudes. Utiliza como contexto local, el terremoto ocurrido en la región de Ñuble en febrero del año 2010, uno de los terremotos más grande a nivel mundial, experimentado por el propio alumnado en su infancia y dado que Chile es un país sísmico, estos fenómenos naturales han tenido repercusiones en la cultura ciudadana, las políticas, y en las normas de construcción de viviendas e infraestructuras del país y replicadas en otros lugares.
- 2) El estudio de un contexto local del sismo de 2010, buscó la integración de Biología, Física y Química en las actividades de aprendizaje de la SEA para

desarrollar en el alumnado las explicaciones científicas, utilizando la modelización a través de la representación de modelos reales, simulaciones en trabajo grupal y mediante la estrategia de indagación la creación de preguntas investigables para analizar distintos casos de terremotos históricos – actuales, plantear sus actitudes en caso de ocurrencia de un sismo, de manera de generar protocolo de acción preventivo personal y ciudadano.

- 3) Nuestro estudio se suma a iniciativas didácticas centradas en la construcción de explicaciones escritas por el estudiantado desde un diálogo interactivo, consensuadas entre los integrantes del grupo y analizando cómo ellos se fueron apropiando de formas científicas de explicar el fenómeno natural de sismos. Es un aporte, por su implicancia para la práctica pedagógica, dado que las explicaciones escritas, son un recurso universal y están disponibles para todo el profesorado, incluso en las aulas con clases tradicionales.
- 4) Esta SEA se ajusta al currículum por competencias que plantea el MINEDUC (2019) en las nuevas bases curriculares para 3° y 4° año de Secundaria, promoviendo el uso del conocimiento (sismos), habilidades científicas (explicaciones) y actitudes personales y ciudadanas en el estudiantado mediante actividades de aprendizaje que aumentan su complejidad cognitiva a medida que avanza la construcción del aprendizaje del alumnado según las distintas fases de la SEA desde el compartir saberes, poner a prueba saberes, estructurar y aplicar el aprendizaje nuclear.

El estudio de los terremotos tiene numerosas posibilidades didácticas -pedagógicas y puede convertirse en un recurso didáctico potente para acercar al estudiantado, de forma activa, a algunos temas del currículo de Enseñanza Secundaria como los límites de placas, la tectónica de placas o la estructura interna de la Tierra, con ello se abre la posibilidad de explorar otros tópicos de la física actual, por aprender conceptos nuevos que se vinculen con los lineamientos educativos para la enseñanza de la física.

Agradecimientos

Los autores agradecen a estudiantes y docentes participantes en este estudio y el apoyo de la Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo, a través del proyecto FONDECYT INICIACIÓN 11220596.

Referencias

- [1] CENTRO SISMOLÓGICO NACIONAL, *6900 sismos se registraron en Chile durante 2023*, FCFM Universidad de Chile, disponible en: <https://www.csn.uchile.cl/6-900-sismos-se-registraron-en-chile-durante-2023/>, accedido en: 05/12/2024.

- [2] M. Martín-Martín, P. Alfaro García, I. Martín-Rojas, I. Medina-Cascales, J.E. Tent-Manclus y S. Moliner-Aznar, *Análisis de metodologías docentes aplicadas a la Geología I del Grado de Geología* (Instituto de Ciencias de la Educación (ICE) de la Universidad de Alicante, Alicante, 2019), v. 1.
- [3] J. Silva-Alé, *Revista Saberes Educativos* **7**, 111 (2021).
- [4] C. Vergara-Díaz, K. Bustamante, L. Pinto y H. Cofré, *Journal of Geoscience Education* **68**, 360 (2020).
- [5] MINISTERIO DE EDUCACIÓN, *Bases curriculares, 3° y 4° Medio, Unidad de Currículum y Evaluación Ministerio de Educación, Diciembre 2018*, disponible en: <https://www.curriculumnacional.cl/portal/Documento-s-Curriculares/Bases-curriculares/>.
- [6] E. Angeriz, *La educación del siglo XXI* **87**, 405 (2019).
- [7] L. Ureta y G.R. Beiram, *Revista Iberoamericana de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología* **26**, 100 (2020).
- [8] V. Duque-Cardona y W.A. Largo-Taborda, *Panorama* **15**, 143 (2021).
- [9] A.G. Espeja, M.S. Alvarado y D.C. Lagarón, *Enseñanza de las Ciencias* **40**, 87 (2022).
- [10] J.M. Oliva, *Enseñanza de las ciencias* **37**, 5 (2019).
- [11] V.A. Villaseñor y S.L.R. de Robles, *Revista de investigación y experiencias didácticas* **38**, 105 (2020).
- [12] E. Lozano, A. Adúriz-Bravo y N. Bahamonde, *Ciência & Educação (Bauru)* **26**, 1 (2020).
- [13] D. Rodríguez Pineda y M. Garrido, *Bio-grafía escritos sobre la biología y su enseñanza* **1**, 1 (2021).
- [14] J. Yeo y J.K. Gilbert, *Science Education* **52**, 819 (2022).
- [15] M.A. Ferreira y B.Z. Blanco, *¿Por qué se mueve el suelo?* (Universidad de Sevilla, Sevilla, 2020), v. 1.
- [16] S. Araya, V. Monzón y M. Infante, *Revista mexicana de investigación educativa* **24**, 403 (2019).
- [17] E. Tate, A. Ibourk, K. McElhaney y M. Feng, *Journal of Science Education and Technology* **29**, 677 (2020).
- [18] K.L. McNeill, L.K. Berland y P. Pelletier, *Constructing explanations. Helping students make sense of the world using next generation science and engineering practices* (NSTA Press, Arlington, 2017), v. 2.
- [19] R. Tuomela, *Science, action, and reality* (Reidel Publishing Company, Dordrecht, 1985), v. 12.
- [20] S. Buijsman, *Synthese* **202**, 202 (2023).
- [21] M.I. Aymerich y A.A. Bravo, *Artefactos* **10**, 75 (2021).
- [22] J. Ogborn, G. Kress, I. Martins y K. McGillicuddy, *Explaining science in the classroom*, Buckingham (Open University Press, Buckingham, 1996), v. 1.
- [23] V. Cabello, L. Serhamn y M. Cárdenas, en: *En actas de 3° Congreso de la Sociedad Chilena de Educación Científica* (Santiago, 2019).
- [24] J. Yeo, E. Lim, K. Tan y Y. Ong, *Internacional Journal of Science and Mathematics Education* **19**, 21 (2021).
- [25] M. Sommer-Lohrmann y V. Cabello, *Estudios pedagógicos (Valdivia)* **46**, 257 (2020).
- [26] Mesa Social COVID-19, M. Claro y A.C.M. Salces, *Didácticas para la proximidad: aprendiendo en tiempos de crisis*, disponible en: <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/184260>, accedido en: 16/10/2024.
- [27] DESIGN-BASED RESEARCH COLLECTIVE, *Educational researcher* **32**, 5 (2003).
- [28] J. Guisasola, *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* **21**, 1 (2024).
- [29] P. Cobb, *Journal for Research in Mathematics Education* **12**, 1 (2003).
- [30] D. Couso, *Alambique: Didáctica de las ciencias experimentales* **74**, 12 (2013).
- [31] R. Justi y J.K. Gilbert, *Internacional Journal of Science Education* **24**, 369 (2002).
- [32] A. Adúriz-Bravo y M. Izquierdo, *Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias* **4**, 40 (2009).
- [33] G.E. Cutrera, M.B. Massa y S. Stipcich, *Ciência & Educação (Bauru)* **27**, 1 (2021).
- [34] N. Sanmartí, *Didáctica de las ciencias experimentales* **1**, 239 (2000).
- [35] A. Uskola, B. Burgoa y G. Maguregi, *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias* **18**, 110101 (2021).
- [36] N. Molina-Ruiz y P. González-García, *Revista Saberes Educativos* **6**, 25 (2021).
- [37] L. Orduña-Martínez y M. Ramos, *Bio-grafía. Numero Extraordinario*, 976 (2022).
- [38] V. Ballesteros-Ballesteros y P. Gallego-Torres, *Revista científica* **35**, 192 (2019).
- [39] G. Pedrini y M. Morawicki, en: *actas de 4° jornadas sobre las prácticas docentes en universidad pública* (UNLP, La Plata, 2022).
- [40] L. Hernández, L. Lara, L. Hernandez, H. Delgado y E. Duche, *Polo del Conocimiento: Revista científico-profesional* **8**, 1445 (2023).
- [41] MESA TÉCNICA INTERINSTITUCIONAL PARA RECOMENDACIONES “ANTES, DURANTE Y DESPUÉS” DE SISMOS Y TERREMOTOS, *Recomendaciones “antes, durante y después” de sismos y terremotos*, disponible en: <http://repositoriodigitalonemi.cl/web/handle/123456789/1577>.
- [42] SERVICIO NACIONAL DE PREVENCIÓN Y RESPUESTA ANTE DESASTRES [SENAPRED], *política nacional para la reducción del riesgo de desastres*, disponible en: https://web.senapred.cl/wp-content/uploads/2021/10/PoliticaNacional_2020principal.pdf, accedido en: 16/10/2024.
- [43] V. Cala-Leyva, C. Sosa-López y F. Riquenes-Espín, *EduSol* **20**, 113 (2020).