



SECRETARÍA ACADÉMICA
COORDINACIÓN DE POSGRADO
MAESTRÍA EN DESARROLLO EDUCATIVO

“Progresión de Modelos Sísmicos Escolares: una secuencia didáctica para la educación primaria”

Tesis que para obtener el Grado de
Maestra en Desarrollo Educativo

Presenta

María de Lourdes Faustinos Garrido

Directora de Tesis

Dra. Diana Patricia Rodríguez Pineda

Para la elaboración de esta tesis se contó con el apoyo de una beca del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT).

*A mi querida madre por tantos momentos
juntas, por siempre caminar a mi lado en
momentos personales y profesionales, a mi
padre que sin decir nada siempre está
presente.*

*A mi hermano José Valentín que siempre
estuvo y estarás a mi lado, gracias por
tantas muestras de cariño*

*A mis hermanos Cesar y Claudia quienes
siempre están a mi lado cuidando de mí,
quien me orienta en cada proyecto que
emprendo.*

*A mi querida sobrina Valentina que con sus
primeras palabras me alegró el alma "Lulú
ven", a Alva y a Citlali, con quien he
compartido momentos a lo largo de la vida.*

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por iluminar mi camino

A Nora quien ha sido mi ejemplo profesional en esta compleja labor de la docencia, gracias por motivarme a ser cada día mejor.

A mi directora de Tesis la Dra. Diana Patricia Rodríguez Pineda mi agradecimiento y reconocimiento quien me enseñó a mirar desde otra visión la Educación en Ciencias, que a lo largo de todos estos años fortaleció mi formación profesional, gracias por todos los aprendizajes y enseñanza en la construcción y conclusión de este trabajo.

A la Dra. Claudia López Becerra, quien inicio conmigo este camino de orientar este trabajo, mi gratitud a todas sus orientaciones académicas.

Mi agradecimiento a la Dra. Flor Reyes, quien me acerco a este maravilloso mundo de las Ciencias de la Tierra.

Al Dr. Manuel Erazo Parga mi agradecimiento y reconocimiento por permitirme conocer la estructura geológica de Colombia, infinitas gracias por la contribución a esta Tesis.

A todos los catedráticos de la UPN México y UPN Colombia que contribuyeron a mi crecimiento profesional y que tuve el privilegio de trabajar con ellos, Dr. Ángel López y Mota, Dra. Xóchitl Bonilla, Dra. Diana Parga, Dr. Fredy Gary, Mtro. Rómulo Gallegos y Dr. Eduardo Salcedo muchas gracias por tantos aprendizajes.

Mi admiración y agradecimiento al Mtro. Royman Pérez Miranda por tener la gentileza y dedicación al leer mi trabajo, por todas las sugerencias y contribuciones que fortalecieron a esta Tesis.

A la Dra. Dulce María López Valentín, quien durante cada semestre tuvo la amabilidad de leer este trabajo, y que apoyo al fortalecimiento y enriquecimiento con sus sugerencias hasta la conclusión de esta investigación/intervención.

Al Dr. Alvaro Garcia Martinez, mi agradecimiento y gratitud por haber aceptado leer mi trabajo, a demás de tener la oportunidad de que una de sus tantas aportaciones al campo de la didáctica de las ciencias sea parte fundamental de esta tesis, infinitas gracias.

A la Dra. Gabriela Soria quien tuvo la gentileza de leer este trabajo desde otra mirada, cuyas sugerencias fortalecieron enormemente a este trabajo.

A mis compañeros de posgrado de la UPN México es especial a Marthica con quien durante estos años hemos construido una gran amistad, te agradezco todas las sugerencias que contribuyeron a mi crecimiento profesional, a mis compañeros de la UPN Colombia Catherine, Andrés, Ingrid, William, Laura, Carmen, a todos gracias por tantos aprendizajes y que a pesar de la distancia y el tiempo, seguimos teniendo esas grandes charlas académicas que fortalecen nuestra labor de investigación/intervención en el aula.

A los Alumnos del grupo 4 B de la Escuela Primaria Lic. Gabriel Ramos Millán que amablemente participaron en este trabajo e hicieron posible implementar la Secuencia Didáctica.

A los Servicios Educativos Integrados al Estado de México (SEIEM) por las facilidades otorgadas

INDICE

INTRODUCCION

CAPÍTULO 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA: EXPLICACIONES ‘NO CIENTÍFICAS’ DEL ALUMNADO SOBRE EL ORIGEN DE LOS TERREMOTOS

1.1 Configuración del Problema	1
1.1.1 Antecedentes de investigación respecto a las explicaciones sobre el origen de los terremotos en la Educación Básica	2
1.1.2 Resultados de pruebas estandarizadas -ENLACE y PISA- sobre el tema de las Placas Tectónicas	3
1.1.3 Pregunta de investigación	5
1.2 La relevancia del abordaje del problema	6

CAPÍTULO 2. REFERENTE TEORICO Y METODOLOGICO PARA LA INTERVENCIÓN EDUCATIVA

2.1 Desde la Didáctica de las Ciencias	12
2.1.1 Visión de Ciencia: el Modelo Cognitivo de Ciencias (MCC).....	13
2.1.1.1 <i>Los Modelos</i>	14
2.1.2 Visión de Ciencia Escolar: la Actividad Científica Escolar	17
2.1.2.1 <i>La Modelización</i>	18
2.1.2.2 <i>Comunicación: negociación de significados</i>	20
2.1.2.3 <i>Progresión de los modelos</i>	21
2.1.3 Visión de Secuencia Didáctica desde los modelos y la modelización.....	22
2.1.3.1 <i>El Modelo Científico Escolar de Arribo (MCEA) como eje orientador</i>	24
2.1.3.2 <i>Tipos de actividades para el aprendizaje propuestos por Sanmartí</i>	24
2.1.3.3 <i>Mapa de Diseño Curricular</i>	25

2.2 Desde las Ciencias de la Tierra	26
2.2.1 Estructura Interna de la Tierra en su Composición Física	26
2.2.2 Teoría de la Tectónica de Placas	28
2.2.2.1 <i>Conducción y Convección del manto</i>	30
2.2.3 Terremotos	32

CAPÍTULO 3. RUTA METODOLÓGICA

3.1 Objetivos de la Investigación/Intervención	34
3.2 Metodología	34
3.2.1 Fase de Diseño	35
3.2.2 Fase de Trabajo de Campo y Contexto de Aplicación de la SD.....	36
3.2.3 Fase de Análisis de Datos	37
3.2.4 Principios Éticos.....	38

CAPÍTULO 4. MODELOS SOBRE EL ORIGEN DE LOS TERREMOTOS Y EL MAPA DE DISEÑO CURRICULAR

4.1 Los modelos sobre el origen de los terremotos: el Explicativo Inicial, el Curricular y el Científico	39
4.1.1 Modelo Explicativo Inicial (MEot) a partir de la investigación educativa.....	39
4.1.2 Modelo Curricular (MCu) a partir del análisis de los documentos oficiales vigentes de la Secretaria de Educación Pública -asignatura de Geografía México-.....	45
4.1.3 Modelo Científico (MC) Erudito a partir de la Teoría de Tectónica de Placas.....	48
4.2 Modelo Científico Escolar de Arribo de Tectónica de Placas (MCEA-TP) sobre el origen de los terremotos para la educación primaria	54
4.2.1 Estructuración y jerarquización de los entidades relaciones y condiciones del MCEA-TP mediante el Mapa de Diseño Curricular (MDC)	55

CAPÍTULO 5. SECUENCIA DIDÁCTICA SOBRE EL FENÓMENO DE LOS TERREMOTOS BASADA EN LA MODELIZACIÓN

5.1 Tensión entre el MEot y el MCEA-TP	58
5.2 Postura teórico-metodológica de la Secuencia Didáctica (SD)	62
5.3 Diseño y descripción general de la SD	62

CAPÍTULO 6. PROGRESIÓN DE LOS MODELOS EXPLICATIVOS DEL ALUMNADO SOBRE EL ORIGEN DE LOS TERREMOTOS

6.1 Ruta metodológica para el análisis de los resultados	70
6.2 Modelos Explicativos a lo largo de la implementación de la SD	71
6.2.1 Modelo Explicativo Inicial (MEot): fase de Exploración	72
6.2.1.1 <i>Primer Semáforo: MEo en relación con el MCEA-TP</i>	79
6.2.1.2 <i>Comparación del MEo con el MEot</i>	79
6.2.2 Modelo Explicativo Intermedio uno (MEi ₁): fase de Introducción de nuevos puntos de vista	82
6.2.2.1 <i>Segundo Semáforo: el MEi₁ en virtud de la complejidad y abstracción en la incorporación de entidades, relaciones y condiciones del MCEA-TP</i>	87
6.2.3 Modelo Explicativo Intermedio dos (MEi ₂): fase de Estructuración	89
6.2.3.1 <i>Tercer Semáforo: el MEi₂ en virtud de complejidad y abstracción en la incorporación de entidades, relaciones y condiciones del MCEA-TP</i>	93
6.2.4 Modelo Explicativo Alcanzado (MEA): fase de Aplicación	96
6.2.4.1 <i>Cuarto Semáforo: el MEA en virtud de complejidad y abstracción en la incorporación de entidades, relaciones y condiciones del MCEA-TP</i>	101
6.3 Comunicación –negociación de significados-	102
6.3.1 Quinto Semáforo: Habilidades Cognitivo Lingüísticas.....	103
6.4 A manera de síntesis:	103

CAPÍTULO 7. CONCLUSIONES.....

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....

ANEXOS

Anexo 1. Rubrica para evaluar reactivos de la prueba en ENLACE en Geografía	117
Anexo 2. Reactivos de prueba ENLACE de la asignatura de Geografía	119
Anexo 3. Mapa de Desarrollo Curricular para la Educación básica (SEP, 2009)..	120
Anexo 4. Mapa Curricular de Educación Básica (SEP,2017).....	121
Anexo 5. Secuencia Didáctica del origen de los terremotos.....	122
Anexo 6. Instrumentos de Aplicación “Rompecabezas”.....	130
Anexo 7. Instrumento de Aplicación. Cuestionario “Mil preguntas”.....	132
Anexo 8. POE “la cascara de la tierra”.....	135
Anexo 9. Instrumento de aplicación. Para representar la litosfera y astenosfera..	136
Anexo 10. Instrumento de aplicación. Representación de las placas tectónicas..	138
Anexo 11. Instrumento de aplicación. Representación del origen del sismo en Chile.....	139
Anexo12. Instrumento de aplicación. Representación de origen del sismo en México.....	140

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Pregunta y resultado de la prueba ENLACE de Quinto grado, en la asignatura de Geografía, con referencia al fenómeno de los terremotos y al modelo de la Tectónica de Placas	4
Cuadro 2. Fragmentos del libro de texto de Geografía de Quinto grado de Educación Primaria.....	47
Cuadro 3. Fragmentos del. <i>Atlas Universal de Geografía</i>	48
Cuadro 4. Comparativo de los MEot y el MEo de los estudiantes de cuarto de primaria	81

ÍNDICE DE CONSTRUCTOS

Constructo 1. Modelo Explicativo Inicial (MEo) a partir de la aplicacion de la SD....	78
Constructo 2. Modelo Explicativo Inicial (MEi ₁) a partir de la aplicación de la SD....	84

Constructo 3. Representaciones de la incorporación de elementos, relaciones y condiciones del ME _{i2}	91
Constructo 4. Representación de la incorporación de elementos, relaciones y condiciones del ME _{i2} en (Estructuración).....	93
Constructo 5. Representación de la presencia de elementos, relaciones y condiciones del fenómeno del origen de los terremotos de acuerdo al MDC del MCEA-TP	97
Constructo 6. Maquetas para representación para explicar el origen de los terremotos.....	98

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Investigaciones sobre el fenómeno de los terremotos.....	3
Tabla 2. Relevancia del tema durante las últimas tres Reformas de educación básica primaria en México.....	9
Tabla 3. Definición de los Modelos que se abordan en este trabajo.....	16
Tabla 4. Modelos comunes de pensamiento con base a Mejías y Morcillo, 2006...	42
Tabla 5. Concepciones alternativas que se presentan con mayor frecuencia en las investigaciones reportadas.....	44
Tabla 6. MEot sobre los terremotos en virtud de entidades, relaciones y condiciones.....	45
Tabla 7. Aprendizajes esperados y contenidos en los programas de 5º y 6º de primaria.....	46
Tabla 8. MCu sobre los terremotos en virtud de entidades, relaciones y condiciones.....	48
Tabla 9. MC sobre los terremotos en virtud de entidades, relaciones y condiciones.....	53
Tabla 10. Entidades, relaciones y condiciones del MCEA-TP.....	54
Tabla 11. Comparación entre modelos del origen de los terremotos.....	60

Tabla 12. Diseño General de la SD: momentos, fases, actividades y progresión de modelo.....	64
Tabla 13. Estructura General de la SD para modelizar el fenómeno de los terremotos.....	68
Tabla 14. Agrupación de los datos de las preguntas 1 y 2.....	74
Tabla 15. Dibuja cómo imaginas la Tierra por dentro (pregunta 3).....	75
Tabla 16. Preguntas 4 y 5. Describe y dibuja lo que piensas que ocurre debajo de la superficie de la Tierra en el momento en el que hay un terremoto...75	
Tabla 17. Ideas comunes en los cuatro equipos acerca del fenómeno el origen de los terremotos para las 5 preguntas.....	76
Tabla 18. Entidades, relaciones y condiciones que comparten los cuatro equipos.....	76
Tabla 19. Modelo Explicativo Inicial (MEo) a partir de la aplicación de SD.....	77
Tabla 20. Presencia e incorporación de las entidades relaciones y condiciones del MCEA-TP del alumnado durante el segundo corte de SD.....	86
Tabla 21. Modelo Explicativo Intermedio uno (MEi ₁) a partir de la SD.....	86
Tabla 22. Presencia e incorporación de las entidades relaciones y condiciones del MCEA-TP del alumnado durante tercer corte de SD.....	92
Tabla 23. Modelo Explicativo Intermedio dos (MEi ₂) a partir de la SD.....	93

INTRODUCCION

Esta Tesis se fundamenta en una *'nueva visión de ciencia'* para explicar los fenómenos naturales que están presentes cotidianamente en nuestro entorno, como los terremotos. El fenómeno que se aborda en este trabajo es el origen de los terremotos desde la geografía física en marcada desde las Ciencias de la Tierra en estudiantes de educación primaria en México.

En el primer capítulo, se plantean antecedentes de investigación y contextuales -a partir de las revisiones de los resultados de pruebas nacionales e internacionales estandarizadas-, que permitieron configurar el problema de aprendizaje que se aborda en esta tesis, se presenta la pregunta de investigación y, se da cuenta de la relevancia de abordar este problema de aprendizaje, mediante una intervención educativa en el aula.

En el segundo capítulo se plantean los referentes teóricos y metodológicos que dan soporte al diseño de esta investigación/intervención para abordar el fenómeno del origen de los terremotos, a partir de la Didáctica de las Ciencias, el Modelo Cognitivo de Ciencias (MCC) de Giere (1999b), la ciencia escolar, la modelización, los modelos, la progresión y comunicación, y se plantean los referentes teóricos a partir de la teoría de Tectónica de Placas.

En el tercer capítulo se presenta la estructura metodológica o el camino seguido, para validar o falsear la tesis; enmarcado en las fases de diseño, trabajo de campo y análisis de los datos. A partir de la pregunta de investigación planteada en el primer capítulo y los referentes teórico-metodológicos, se presenta el objetivo de esta investigación/intervención.

En el cuarto capítulo se presenta la inferencia de los modelos, que orientan la progresión de aprendizaje, partiendo del Modelo Explicativo Inicial, el Modelo Curricular y el Modelo Científico Erudito de Referencia, ya que a partir de los dos

últimos, se construye el Modelo Científico Escolar de Arribo de Tectónica de Placas conectando elementos, relaciones y condiciones de ambos modelos y que se encuadrar y se jerarquiza en el Mapa de Diseño Curricular.

En el quinto capítulo se aborda el diseño y construcción de la Secuencia Didáctica (SD) fundamentada en la modelización, cuya hipótesis directriz para el aprendizaje, es el Modelo Científico Escolar de Arribo de Tectónica de Placas, enmarcado en el Mapa de Diseño Curricular que es la carta de navegación, en el diseño, ejecución y análisis de los datos en los diferentes cortes para mirar la progresión de los modelos.

En el sexto capítulo se presentan los datos que se obtuvieron producto de la implementación de la Secuencia Didáctica, la reconfiguración de los mismos y su análisis, para dar cuenta de los modelos explicativos de los alumnos en virtud del Modelo Científico Escolar de Arribo de Tectónica de Placas.

Finalmente, en el último apartado se presentan las conclusiones, estas se encuentran organizadas a partir de los resultados, análisis, observación e interpretación de las evidencias producto de la aplicación de la Secuencia Didáctica.

CAPÍTULO 1

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA: EXPLICACIONES ‘NO CIENTÍFICAS’ DEL ALUMNADO SOBRE EL ORIGEN DE LOS TERREMOTOS

Los terremotos han formado parte de la historia de la humanidad desde siempre, saber que se producen es un conocimiento ordinario; saber por qué se producen requiere explicaciones basadas en el conocimiento científico (Duschl, 1997:89)

En este capítulo, se plantean antecedentes tanto de investigación como contextuales -a partir de las revisiones de los resultados de pruebas nacionales e internacionales estandarizadas-, que permitieron configurar el problema de aprendizaje que se abordará en esta tesis, se plantea la pregunta de investigación y, se da cuenta de la relevancia de abordar este problema de aprendizaje, para con base en ello, plantear una intervención educativa en el aula de ciencias en la escuela primaria.

1.1 Configuración del Problema

A partir de la revisión de la literatura especializada en el campo de la Educación en Ciencias en torno a las explicaciones del alumnado para dar cuenta del origen de los terremotos y, de los resultados de las pruebas ENLACE -de carácter nacional- y PISA -de carácter internacional-, que se aplican a los alumnos mexicanos, se configura un problema respecto a las explicaciones ‘no científicas’ del alumnado sobre el origen de los terremotos que está en el ámbito del aprendizaje, tal como se presenta a continuación.

Uno de los principales obstáculos para la enseñanza y aprendizaje de las ciencias, es la visión que los profesores y los alumnos tienen acerca de la ciencia, que es el fruto de la enseñanza recibida en la escuela, si sumamos el hecho de vivir en un contexto en el que priman ideas de la ciencia muy estereotipadas (Sanmartí, 2002), tales como la ciencia es un hecho acabado, que la ciencia es magia así como las explicaciones de tipo mítico, teológico, aristotélico de los diferentes fenómenos que se presentan en la naturaleza como los terremotos (Mejías y Morcillo, 2006).

De acuerdo con lo anterior la cosmovisión de un pueblo puede influir en las explicaciones de los estudiantes sobre los fenómenos naturales y dificultar el aprendizaje al abordar el fenómeno de los terremotos (Cobern, 1996; Lee, 1999; Tsai, 2001).

Sin embargo, la visión de ciencia que tienen los profesores, así como la cosmovisión de un contexto acerca de los fenómenos naturales constituyen un problema de aprendizaje que la escuela normalmente tiende más a reproducir la ciencia estereotipada, que a renovar y a construir otros puntos de vista, debido a que las percepciones acerca de las ciencias están muy arraigada constituyendo uno de los obstáculos que dificultan el aprendizaje de los estudiantes.

1.1.1 Antecedentes de investigación respecto a las explicaciones sobre el origen de los terremotos en la Educación Básica

De acuerdo con Driver (1988) los alumnos desarrollan ideas previas¹ sobre fenómenos naturales mucho antes de la instrucción escolar, en este sentido, las investigaciones acerca de las explicaciones de los estudiantes con relación al fenómeno de los terremotos (ver Tabla 1), reportan que los alumnos aluden a ideas tales como que *“La tierra se mueve para acomodarse”* (Mejías y Morcillo, 2006: 130), *“Porque un volcán explota bien fuerte, hace un terremoto”* (Tsai, 2001: 1010) o que *“Los terremotos son castigos de dios”* (Allain, 1995: 53). Así pues, Mejías y Morcillo (2006) plantean que las explicaciones de los estudiantes corresponden indudablemente a un paralelismo con la ciencia antigua, debido al alto grado de explicaciones de tipo mítico, teológicas, aristotélicas, sobrenaturales, creencias populares y neptunianas

Además los trabajos de Tsai (2001), Mejías y Morcillo (2006) y Francek (2013), reportan ideas similares entre alumnos de primaria, secundaria y bachillerato, lo que plantea que las explicaciones iniciales de los sujetos sobre los terremotos persisten

¹ En este trabajo ideas previas es sinónimo concepciones alternativa, preconcepciones, creencias y explicaciones de los estudiantes.

después de la instrucción escolar, lo cual evidencia que existe un problema de aprendizaje, dado que los modelos explicativos iniciales de los estudiantes -que en este trabajo se ha denominado Modelo Explicativo Inicial (MEo)- sobre el origen de los terremotos, persisten aun después de la enseñanza.

Tabla 1. Investigaciones sobre el fenómeno de los terremotos

Autor y Año	Revista	Artículo	Población
Ross y Shuell (1993)	Science Education	Creencia de los niños acerca de los terremotos	Primaria y secundaria
Allain (1995)	Aster	Concepciones sobre sismos, erupciones volcánicas e interior de la tierra en niños	Primaria
Tsai (2001)	International Journal of Science Education	Ideas about earthquakes after experiencing a natural disaster in Taiwan; an analysis of student's world – views	Primaria y secundaria
Mejías y Morcillo (2006)	Enseñanza de la Ciencias	Concepciones sobre el origen de los terremotos: estudio de un grupo de alumnos de 14 años en Puerto Rico	Bachilleratos de 14 años
Simsek (2007)	Journal of Environmental & Science Education	Children's Ideas about earthquakes	Preescolar, primaria y secundaria
Francek (2013)	International Journal of Science Education	A Compilation and review of over 500 geoscience misconceptions	Preescolar, primaria, secundaria y Bachillerato

Fuente: elaboración propia.

1.1.2 Resultados de pruebas estandarizadas -ENLACE y PISA- sobre el tema de las Placas Tectónicas

En el año 2011, cuando se aplicó en México la prueba estandarizada denominada Evaluación Nacional de Logro Educativo (ENLACE), se evaluó el segundo y tercer ciclo de educación primaria en las asignaturas de Español, Matemática y Geografía en todo las escuelas de educación básica del país, específicamente en Geografía algunas temáticas que se abordaron fueron: relieve, placas tectónicas, capas de la

Tierra, fenómenos naturales como terremotos, vulcanismo y tsunamis, que corresponden a la Geografía Física² en la Educación Primaria.

Los resultados de la prueba ENLACE que hacen referencia al fenómeno de los terremotos, así como al modelo de placas tectónicas, evidencian que existe un problema de aprendizaje, dado que los resultados a nivel escuela, estatal y nacional, están entre los niveles de desempeño insuficiente y suficiente (SEP, 2011a). Un ejemplo de ello, lo encontramos en las respuestas dadas por los niños de quinto grado de primaria, a dos preguntas de dicha prueba; la pregunta 74 que tenía un grado de dificultad alto, sólo fue contestada de manera correcta por el 35% de la media nacional y para el caso de la pregunta 172, que presentaba un grado de dificultad medio, la media nacional que selecciono la respuesta correcta fue del 37% (ver Cuadro 1 y Anexo 1 y Anexo 2).

Cuadro 1. Pregunta y resultado de la prueba ENLACE de Quinto grado, en la asignatura de Geografía, con referencia al fenómeno de los terremotos y al modelo de la Tectónica de Placas

Quinto Grado
<p>Pregunta 74. ¿En qué consiste el movimiento de las placas tectónicas conocido como desplazamiento?</p> <ul style="list-style-type: none">a) Se forman fosas debido al impacto entre las placas oceánicas y continentales.b) Se renueva la corteza terrestre y se originan cadenas montañosas.c) Las placas se desplazan de manera lateral y en direcciones contrarias generando fallas.d) Las placas se desplazan y se separan provocando la salida de magma.
<p>Pregunta 172. ¿Cuál es una de las características de la zona de riesgo que comprende California, Estados Unidos y Baja California, México, donde se ubica la falla de San Andrés?</p> <ul style="list-style-type: none">a) Se encuentra sobre la Placa Norteamericana y la Placa del Pacífico que al deslizarse originan terremotos.b) Está formada por una franja de volcanes activos desde el Océano Pacífico hasta el Golfo de México que desprende gases tóxicos a la atmósfera.c) Esta sobre la Placa de Cocos y la Placa del Caribe que al chocar entre sí provocan sismos devastadores. <p>Se encuentra uno de los principales volcanes activos del mundo cuya constante erupción expulsa gases a altas temperaturas a la atmósfera.</p>

Fuente: Tomado de “Evaluación del Logro Académico en Centros Escolares” (SEP, 2011a).

² La asignatura de Geografía en el Programa de Educación Básica de la Secretaría de Educación Pública (SEP) plantea la Geografía Física y Geografía Social, en este trabajo se aborda el fenómeno de los terremotos, que se ubica en el Bloque II que corresponde a los Componentes Naturales de la Tierra que corresponde a la Geografía Física.

Dado que los resultados de las pruebas no son los esperados y parecen ser insuficientes, podemos afirmar que existe un problema de aprendizaje, considerando que los datos son estandarizados (ver Anexo 2). Ahora bien aunque los reactivos no se centran en las explicaciones de los fenómenos naturales sino en los contenidos, podemos asumir que en gran medida el problema de aprendizaje puede deberse a la ineficacia de las estrategias de enseñanza utilizadas para abordar éste fenómeno natural.

En este sentido Fernández, Maguregi, Márquez y Sanmartí (2011) y Fernández, Maguregi, Sanmartí y Márquez (2013), reportan que a pesar de haber implementado una Secuencia Didáctica para la enseñanza y la explicación del fenómeno de los terremotos, no lograron un cambio en las concepciones alternativas de los alumnos de primaria, debido a que su diseño no proponía la progresión de las explicaciones del fenómeno, si bien se centraba en el aprendizaje cooperativo y autónomo.

1.1.3 Pregunta de investigación

Teniendo en cuenta que las investigaciones sobre las concepciones alternativas del fenómeno de los terremotos, así como los bajos resultados de la prueba ENLACE y falta de logros por las distintas prácticas de enseñanza con respecto a este tema, se evidencia la existencia de un problema de aprendizaje.

A partir de esto, se plantea la siguiente tesis:

Si el aprendizaje de la ciencia en educación básica, debe ser un proceso que permita la progresión de los modelos iniciales de los estudiantes y no solo un producto acumulado en forma de teorías o modelos, se podrá situar a los alumnos en ese carácter dinámico de los saberes científicos mediante la progresión de sus modelos explicativos iniciales de tipo mítico, teológico, aristotélico, neptuniano, etc. a un modelo explicativo de carácter científico escolar de Tectónica de Placas, para dar cuenta del fenómeno de los terremotos, a partir del diseño y aplicación de una secuencia didáctica, fundamentada en la modelización.

Ahora bien, con base en los hallazgos de las investigaciones reportadas y en la tesis anteriormente enunciada, se establece a continuación la pregunta de investigación que orienta este trabajo:

¿Cómo lograr la progresión de los modelos explicativos iniciales de los estudiantes sobre el fenómeno de los terremotos hacia un modelo científico escolar de Tectónicas de Placas, a partir del diseño e implementación de una secuencia didáctica fundamentada en la modelización?

1.2 La relevancia del abordaje del problema

En este apartado se argumenta porqué es importante abordar el fenómeno científico escolar del origen los terremotos o sismos³, considerando que es un tema relevante, actual y vigente que está presente en la educación básica en México y en la realidad de la vida de los estudiantes.

Algunos autores como Nussbaum y Novak (1976), Marques y Thompson (1997b), Roald y Mikalsen (2001), Mejías y Morcillo (2006) y, Carrillo, Vílchez y González (2010) ponen de manifiesto que se deben abordar los modelos que explican los fenómenos de Ciencias de la Tierra, debido a que están presentes continuamente en todo el mundo.

De acuerdo con Arjonilla (1998), es fundamental saber cuál es el origen de los terremotos, dado que en México se han vivido éstos en 24 de 32 Estados de la República Mexicana (Aguascalientes, Baja California, Campeche, Colima, Chiapas, Distrito Federal, Durango, Guanajuato, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, México, Michoacán, Morelos, Nayarit, Puebla, Oaxaca, Querétaro, Sinaloa, Sonora, Tabasco, Tlaxcala, Veracruz y Zacatecas) con diferentes grados de intensidad.

Al respecto vale la pena señalar que en 1985 se vivió el terremoto más catastrófico en México, a partir de ese año se han llevado a cabo una gran cantidad acciones

³ En el trayecto de este trabajo se hará referir a terremotos o sismos como sinónimos

sobre prevención de desastres naturales; sin embargo no hay registro de investigaciones que expliquen el origen de catástrofes tal como erupciones volcánicas, terremotos, entre otros, dado que la temática se trabaja desde un aspecto sociológico y de prevención.

Si bien existe una amplia gama de trabajos de prevención sobre qué hacer ante estos fenómenos, no es suficiente, debido a que es necesario saber por qué ocurren a partir de los modelos aceptados por la ciencia y estos llevados al aula a través de la ciencia escolar por medio de la Actividad Científica Escolar (Izquierdo, Espinet, García, Pujol y Sanmartí, 1999).

En los últimos años, se ha manifestado que no es suficiente ser resiliente⁴ para enfrentar responsablemente situaciones extremas ante un fenómeno como los terremotos (Cruz-Atienza, 2013), sino que debemos comprender este fenómeno, a partir de las explicaciones dadas por la ciencia.

Por tanto, es preciso que los estudiantes se involucren en el estudio de fenómenos que están latentes en su contexto y que presentan vulnerabilidad ante un peligro catastrófico, por ello es necesario que sepan la causa de dicho fenómeno y no sólo que se limiten a conocer medidas de seguridad, como en el caso de los terremotos.

Lo anterior implica un cambio profundo en la enseñanza, un cambio que promueva explicaciones que ayuden a entender el funcionamiento de la Tierra, permitiendo a los alumnos pensar, actuar y argumentar sobre las interacciones del interior del planeta y la superficie terrestre, lo cual ayudara a entender el origen de fenómenos naturales como son los terremotos, siendo un fenómeno que está latente en el contexto mexicano.

⁴ La resiliencia es la capacidad de las personas o de las personas de sobreponerse, en el menor tiempo posible, a los efectos negativos de un desastre, como el que se puede producir en un terremoto (Cruz-Atienza, 2013).

En este mismo sentido Pedrinaci (2011) menciona que hace más de una década American Geophysical Union (AGU) viene defendiendo que los modelos de ciencias de la Tierra que explican fenómenos tales como: erupción volcánica, terremotos, ondas sísmicas, estructura interna de la Tierra, deriva de los continentes, entre otros, debe trasladarse a los programas de enseñanza.

Sin embargo en los planes y programas de estudios de educación primaria en México, los fenómenos naturales que corresponden a Ciencias de la Tierra mencionados anteriormente son abordados de manera superficial en la asignatura de geografía a los cuales se les dedica solo un párrafo.

Los fenómenos naturales que afectan directamente a la población en México, no se han considerado como parte fundamental en la enseñanza y aprendizaje el estudio sobre el origen o las causas de los fenómenos, dado que se le da mayor prioridad a otras asignaturas (matemáticas y español), es necesario que el aprendizaje de los fenómenos naturales dentro del aula sea imprescindible en la formación de los estudiantes.

Es importante señalar que la temática que nos ocupa, ha estado presente en todas las reformas de educación básica que se han realizado en México específicamente en el nivel de la primaria de la educación básica (ver Tabla 2).

La articulación con el nivel secundaria está en la asignatura de física; el fenómeno de los terremotos es tratado en segundo grado de educación secundaria en el bloque uno “La descripción del movimiento y la fuerza”, su relevancia la tiene en el proyecto [*¿Cómo es el movimiento de los terremotos o tsunamis y de qué manera se aprovecha esta información para prevenir y reducir riesgos ante estos desastres naturales?*] (SEP, 2011c: 54).

Tabla 2. Relevancia del tema durante las últimas tres Reformas de educación básica primaria en México

Programas de educación primaria (Geografía) En sus diferentes reformas			
Grado	1993	2009	2011
4	Zonas volcánicas y sísmicas	Zonas volcánicas y sísmicas Sistemas montañosos	Distribución de los continentes Zonas volcánicas y sísmicas
5°	La corteza terrestre Tectónicas de placas y derivada continental Distribución de los continentes Zonas volcánicas y sísmicas Sistemas montañosos	Estructura interna de la tierra Movimiento de placas tectónicas El movimiento ondulatorio en los terremotos	Regiones sísmicas Distribución de las regiones sísmicas y volcánicas de los continentes
6°	Características físicas de la Tierra	El movimiento ondulatorio Prevención de desastres	Capas internas de la tierra Placas tectónicas Movimiento de las placas tectónicas Los sismos y terremotos

Fuente: elaboración propia

Dada la importancia que tiene el fenómeno durante toda la instrucción básica y que aún después de la instrucción persisten los problemas de aprendizaje, es necesario abordar la temática.

Los Planes y Programas de Estudio de Educación Básica en sus diferentes reformas, específicamente en la de 2011, en el campo formativo de exploración y comprensión del mundo natural y social -en primaria-⁵ dan relevancia a la temática *de la dinámica de la corteza terrestre*, siendo el fenómeno ‘los terremotos’, considerado el más importante de la geografía física -geociencias- en educación primaria (SEP, 2011b).

Aunque existe una incongruencia entre el libro de texto de geografía de quinto grado (SEP, 2013a) y el programa de quinto grado (SEP, 2011b), ya que allí no aparece dicha temática; sin embargo esta incongruencia de los libros de textos no será tratado en este trabajo.

⁵ Véase el Mapa Curricular de la Educación Básica (SEP, 2011b).

En la Reforma Integral de Educación Básica, la asignatura de geografía presenta dos posturas en la educación primaria: la física y la social; el análisis y el interés de esta intervención/investigación tiene la pertinencia de retomar el fenómeno de los terremotos con respecto a la temática de la corteza terrestre, siendo el tema más importante de la geografía física dentro del currículo oficial.

El aporte de la última reforma educativa en México (SEP, 2011b) en el campo formativo de Exploración y Comprensión del Mundo Natural y Social, que comprende las asignaturas de Ciencias Naturales, Geografía e Historia plantea la importancia de formar ciudadanos con una cultura científica básica, que les posibilite tomar decisiones fundamentadas respecto fenómenos naturales.

La formación científica básica implica que niños y jóvenes amplíen de manera gradual sus niveles de representación e interpretación acerca de los fenómenos y procesos naturales, acotados en profundidad por la delimitación conceptual apropiada a su edad, en conjunto con el desarrollo de habilidades, actitudes y valores específicamente en la asignatura de Ciencias Naturales y Geografía.

Sin embargo, lo anterior no tiene impacto en el aprendizaje de los estudiantes, dado que no se consideran sus explicaciones iniciales respecto a los fenómenos en la enseñabilidad para la aprendibilidad de los fenómenos naturales (Gallego y Pérez, 1997).

En la reforma del Programa de Estudio de Educación Primaria de la Secretaría de Educación Pública (SEP, 2011b), se espera que el estudiante logre durante su formación básica expresar sus ideas, argumentar, participar de manera activa y recuperar sus conocimientos anteriores, sin embargo, esto no ha sido posible dado que la visión de ciencia del docente no ha cambiado y por tanto tampoco su planeación de la enseñanza.

Este trabajo de investigación/intervención se centra en la línea de '*Desarrollo Curricular*' y se conecta con la línea de '*Representaciones Mentales*', ya que recupera los modelos explicativos iniciales que los niños tienen acerca de los fenómenos del mundo como terremotos, fermentación, nutrición, etc.; y con base en ello, pretende atender el problema de aprendizaje que persiste sobre estos fenómenos aún después de haber recibido una instrucción escolar (Rodríguez-Pineda, López y Mota, López y Flores, 2013).

Lo anterior, considerando que la modelización permite llevar al aula una Actividad Científica Escolar para que el estudiante piense, actúe y argumente en términos de modelos científicos escolares, de los cuales se dará cuenta en el capítulo 2 que corresponde al referente teórico y metodológico para la intervención/investigación.

CAPÍTULO 2

REFERENTE TEÓRICO Y METODOLÓGICO PARA LA INTERVENCIÓN EDUCATIVA

Los terremotos han formado parte de la historia de la humanidad desde siempre, saber que se producen es un conocimiento ordinario; saber por qué se producen requiere explicaciones basadas en el conocimiento científico (Duschl, 1997:89)

En este apartado se plantean los referentes teóricos y metodológicos que dan soporte al diseño de esta investigación/intervención para abordar el fenómeno del origen de los terremotos, a partir de tres grandes ejes de la Didáctica de las Ciencias: modelos, modelización y estrategias didácticas. También se recurre al campo de las Ciencias de la Tierra, particularmente a la Teoría de Tectónica de Placas para complementar los lentes teóricos que guiarán este trabajo de investigación/intervención.

2.1 Desde la Didáctica de las Ciencias⁶

Este trabajo se enmarca en el campo de la Didáctica de las Ciencias, la cual tiene carácter propio, con una perspectiva teórica autónoma, sustentada en abordajes epistemológicos, psicológicos y pedagógicos. La investigación en este campo, ha propuesto desde hace más de dos décadas, trabajar en el aula con la perspectiva de los modelos y la modelización (Adúriz-Bravo e Izquierdo, 2002).

Desde este marco de la didáctica de las ciencias, se puede repensar la naturaleza del conocimiento, para explicar fenómenos tales como: terremotos, erupciones volcánicas, maremotos, etc., pero ello implica que el profesor debe tener una visión de ciencia en términos de Modelos científicos escolares para guiar la construcción de las explicaciones por parte del alumnado,.

Tal planteamiento implica concebir de manera diferente el aprendizaje y la enseñanza de las ciencias en el aula, por lo que a continuación se desarrollarán las

⁶ Cabe aclarar que cuando se hable de Educación en Ciencias y de Didáctica de las Ciencias serán tomados como sinónimos, siempre y cuando no se restrinja a procesos de enseñanza y aprendizaje en el aula.

ideas de Modelo Cognitivo de Ciencia, Actividad Científica Escolar, Modelización y Secuencia Didáctica, pues son los elementos conceptuales sobre los que descansa este trabajo.

2.1.1 Visión de Ciencia: el Modelo Cognitivo de Ciencias (MCC)

La visión de ciencia en esta tesis parte del Modelo Cognitivo de Ciencias (MCC), que considera el conocimiento científico como producto de las interpretaciones que los sujetos hacen sobre la realidad, en la que interactúan con ella; estas interpretaciones son productos de la construcción de los sujetos expresados en modelos (Sanmartí, 2002).

En este sentido el modelo cognitivo de ciencias plantea que el conocimiento científico es producto de la construcción de modelos que permite dar cuenta del mundo, lo cual es útil para repensar la enseñanza de las ciencias desde la naturaleza del conocimiento.

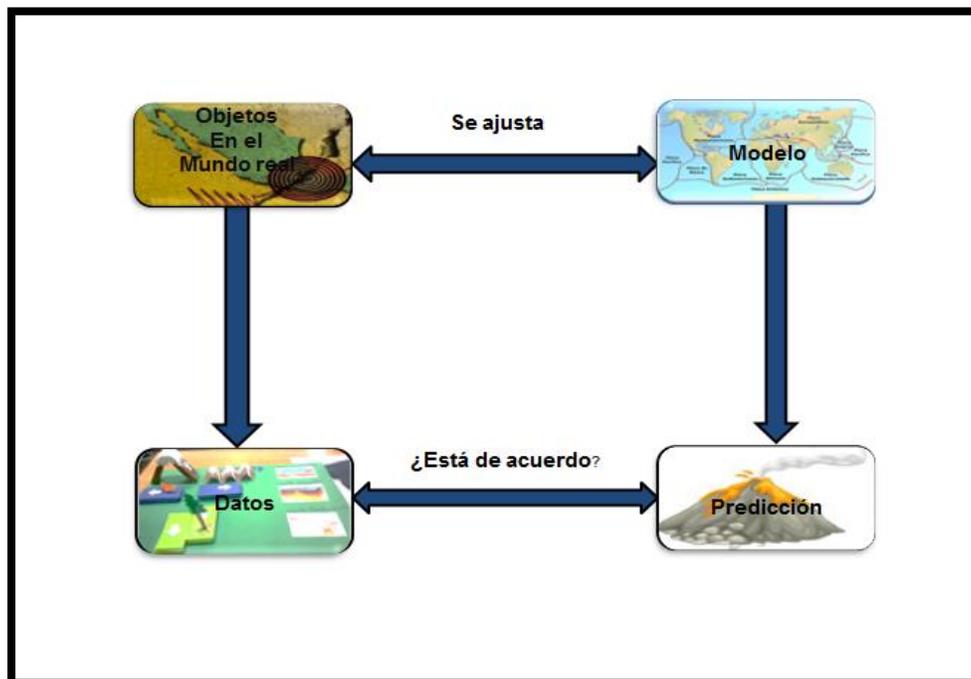
Si bien los científicos construyen sus propias definiciones de teorías con términos de ecuaciones, analogías diagramas y enunciados, a veces las teorías no necesariamente explican los hechos del mundo imposibles de observar en la propia naturaleza, en este sentido Giere (1999a) plantea que

Si el realismo constructivo insistía en que las teorías y los modelos son construcciones humanas que se ajustan más o menos a los objetivos del mundo, el realismo perspectivo es la idea de que cualquier forma de representación proporciona una sola perspectiva del mundo. Todas nuestras representaciones del mundo son, en el mejor de los casos, parciales y un poco imprecisas (p. 9).

Visto de esta manera, la ciencia es el proceso de construcción y elaboración de los modelos, que estos son mediadores para explicar los fenómenos del mundo, por tanto las entidades que se proponen para ajustar el modelo de los científicos al mundo real, deben tener un carácter predictivo de tal manera que el conocimiento científico no puede ser aprendido únicamente a partir de experiencias personales (ver Esquema 1).

Giere (1999b) señala que el modelo cognitivo de ciencias muestra el proceso mediante el cual se construye conocimiento, y que este no es radicalmente diferente del de otras elaboraciones humanas con las cuales se da significado a los acontecimientos que se requiere comprender acerca de cómo funciona el mundo y como se interviene en él.

Esquema 1. Aproximación de las teorías científicas basada en modelos



Fuente: elaborado a partir del texto de Giere (1999b).

Por tanto, el Modelo Cognitivo de Ciencias (MCC) se ha elaborado en el ámbito de las ciencias cognitivas considerando que las ciencias tengan sentido, es decir interpretar los fenómenos del mundo y actuar sobre ellos.

2.1.1.1 Los Modelos

Pensar en modelos implica la construcción de conocimiento a través de las interpretaciones para explicar los fenómenos naturales como: terremotos, erupciones volcánicas, el día y la noche, entre otros; a partir de explicar estos

fenómenos; y no en enunciar proceso, conceptos o verdades absolutas, desde esta mirada los modelos dan respuesta a una forma de mirar y pensar el mundo.

Para Adúriz-Bravo (2013) el modelo podría definirse como la representación de un objeto, un fenómeno, o un sistema con el propósito es describir, explicar o predecir su comportamiento de la parte del mundo real a la que intenta evocar. Así pues, los modelos permiten dar sentido a un fenómeno, por tanto, son construcciones abstractas y simplificadas, cargadas de significado para quien los desarrolla, que le sirven para explicar y predecir un fenómeno (Adúriz-Bravo, 2013) y tienen un referente en la realidad, pero no son una copia de ésta con el fin de comprender un aspecto de la realidad (Giere, 1999b).

La visión de modelo que presentan Schwarz, Reiser, Davis, Kenyon, Acher y Fortus (2009) la consideramos pertinente para la inferencia-construcción de los modelos en este trabajo, dado que compartimos que los modelos deben tener tres grandes elementos: entidades, relaciones y condiciones que interactúan entre sí. Por ende, las construcciones –modelos teóricos-, contienen entidades con propiedades, relaciones y condiciones, las cuales se pueden organizar en nociones, definiciones, conceptos, generalizaciones, leyes, hipótesis, analogías y procesos (Gómez Galindo, 2013), como ocurre en este caso con el Modelo Científico de Tectónica de Placas.

Giere (1999a) plantea que el conocimiento científico es producto de la construcción de modelos que permiten dar cuenta del mundo, lo cual es útil para repensar la enseñanza de las ciencias desde la epistemología. Ahora bien, en la Tabla 3 se definen los modelos que se infieren de los referentes de la literatura, materiales curriculares vigentes de la SEP y de la teoría de Tectónica de Placas acerca del fenómeno del origen de los terremotos.

Si bien en el capítulo cuatro se infieren los modelos teóricos, acerca del fenómeno del origen de los terremotos, que es el que nos ocupa en el este trabajo, vale la

pena señalar que, el modelo de sentido común de los alumnos o Modelo Explicativo Inicial (MEo)⁷, puede inferirse inicialmente a partir del análisis del estado del arte reportado en la investigación educativa, en cuyo caso lo denominaremos MEot; el Modelo Curricular (MCu) del análisis de los programas educativos vigentes de educación; el Modelo Científico desde la ciencia experta -denominado por algunos autores como Erudito (MC) (Adúriz-Bravo e Izquierdo, 1999; Gómez Galindo, 2008)- y el Modelo Científico Escolar de Arribo (MCEA) propuesto por López-Mota y Rodríguez-Pineda (2013), será inferido a partir de los anteriores.

Tabla 3. Definición de los Modelos que se abordan en este trabajo

Modelo Explicativo Inicial	Modelo Curricular	Modelo Científico (Erudito)	Modelo Científico Escolar de Arribo
Los estudiantes construyen modelos estos se construyen a partir de la experiencia cotidiana en el mundo natural y de las interacciones sociales, el sentido común sitúa una base de realismo ingenuo, por lo cual el modelo funciona casi como un calco de la realidad tal y como ésta es captada por los sentidos (Galagovsky y Adúriz-Bravo, 2001).	El Modelo Curricular se deriva del análisis de los materiales oficiales tales como Planes y programas, libros de textos de la Secretaría de Educación Pública (SEP), considerando que es la validez para que sea aplicado a las condiciones.	Las reglas lógicas de los modelos científicos se construyen mediante la actividad conjunta de una comunidad científica, hechas sobre los sistemas que ya son en sí mismas abstracciones de la realidad, en este sentido los modelos son considerados herramientas de representaciones teóricas del mundo, auxiliares para explicarlo, predecirlo y transformarlo (Adúriz-Bravo, 1999) Los Modelos científicos son la herramienta para explicar el funcionamiento del fenómeno desde una perspectiva de la comunidad científica, utilizando elementos, relaciones y condiciones.	<i>El modelo Científico escolar es un dispositivo teórico-conceptual-metodológico en el ámbito de la investigación en didáctica de la ciencias que permite orientar el diseño, la recolección de evidencias y sistematización, así como la evaluación de una Secuencia Didáctica en los modelos y en la modelización”</i> (López-Mota y Rodríguez,-Pineda, 2013: 2010).

Fuente: elaboración propia.

⁷ En este trabajo entendemos modelo de sentido común como Modelo Explicativo Inicial (MEo).

2.1.2 Visión de Ciencia Escolar: la Actividad Científica Escolar

Con el fin de caracterizar la visión de ciencia en el contexto escolar, retomamos el concepto de Actividad Científica Escolar (ACE) propuesto por Izquierdo et al., (1999), el cual ofrece la oportunidad de diseñar una ciencia adecuada a los intereses y experiencias infantiles, dejando de lado posturas tradicionales.

La ACE, implica la transformación del saber científico para ser enseñado y aprendido por los alumnos, por tanto la ciencia que se enseñe debe ser ajustada al contexto y a la edad del sujeto. Implicando que ese conocimiento científico de la ciencia experta (el saber sabio) sea transformado en un saber de enseñabilidad y este sea aprendible en el contexto escolar (Gallego y Pérez, 1997).

Por tanto, la ciencia escolar se construye a partir de los conocimientos de los alumnos de sus modelos explicativos iniciales, estos proporcionan el anclaje necesario para transitar a los modelos científicos escolares. En este sentido, los modelos teóricos escolares son transformaciones de aquellos modelos científicos que se consideren relevantes desde el punto de vista educativo.

Hacer ciencia escolar implica una ACE que se desarrolla en el salón de clase con un enfoque basado en modelos, es decir formas de representar el mundo real, que permite acerca la ciencia de los científicos a los alumnos mediante la ciencia escolar. Por tanto, la ACE favorece la construcción del conocimiento pensado en modelos, es decir el proceso de modelización, lo cual ayuda a interpretar los fenómenos del mundo conectándolos con la realidad (Izquierdo et al., 1999).

La actividad científica escolar permite establecer tres elementos fundamentales:

- Mirar los hechos (fenómenos).
- Lo que se piensa (idea/teoría).
- Lo que interpreto (explicaciones).

Los tres elementos anteriores caracterizan a la ACE como ciencia escolar con la finalidad de construir modelos teóricos escolares por los estudiantes, que se construyen en situaciones y son altamente contextualizados, con elementos esenciales para una ACE genuina (Adúriz-Bravo e Izquierdo, 2009); las características ACE se conecta con los hechos del mundo (fenómenos), con los modelos lo más cercanos a la ciencia (idea/teoría), para explicar los fenómenos naturales dando sentido a las representaciones construidas por los estudiantes.

Así pues desde un marco epistemológico de carácter constructivista, que acoge de manera natural las ideas previas y los modelos explicativos, la modelización se convierte en una perspectiva teórica potente para la ACE, tal como se desarrolla a continuación.

2.1.2.1 La Modelización

La modelización es un dispositivo teórico que se basa en el hecho de que, si los científicos al estudiar un fenómeno del mundo construyen un modelo (Giere, 1999), el cual permite explicar y generar predicciones, enseñar ciencia en la escuela implica favorecer la construcción de modelos científicos escolares por parte de los alumnos, con la intención de que progresivamente estos modelos les permitan explicar los hechos del mundo conectándolos con la realidad (Izquierdo et al., 1999) y establecer así, una negociación de significados en el aula.

Por tanto, la modelización parte de la idea de construir procesos, de tender un puente en el que el estudiante pueda interactuar con las entidades, relaciones y condiciones de un modelo para explicar los fenómenos; es decir pensar, comunicar y actuar permite que los estudiantes construyan modelos que sean significativos, relevantes siempre y cuando conecten con fenómenos científicos escolares relevantes, por tanto se denominan modelización al proceso de construir estas relaciones siendo la clave para aprender ciencias, dado que a través de ello los estudiantes saben dar sentido a los hechos del mundo (García y Sanmartí, 1998).

Por ende, modelizar conecta el hacer (observar, identificar, clasificar, experimentar, etc.), con el pensar (imaginar, comparar, relacionar, abstraer, regular, etc.) y el comunicar (hablar, dibujar, gesticular, escribir, explicar, argumentar). La construcción de modelos que implica que los fenómenos se estudien de forma activa; en la cual la modelización, la experimentación y la discusión se entre cruzan para una reconstrucción de los fenómenos, centrándose en las explicaciones, a través de distintos lenguajes de modelos explicativos de los estudiantes que sean coherentes con los hechos observados, que evolucionen a partir de nuevas experiencias, así como de la interacción de nuevos puntos de vista entre el estudiantado.

En este sentido, se afirma que una de las grandes contribuciones de la modelización es el potencial explicativo de los fenómenos naturales, considerando la progresión de la complejidad del modelo para explicar el fenómeno teóricamente (Gómez Galindo, 2014) y son potentes por explican muchos hechos diferentes (Garcia y Sanmartí, 1998).

De la misma forma una contribución de la modelización es que los estudiantes intervengan con un fenómeno natural en particular, -en este caso el fenómeno de los terremotos- permitiendo pensar teóricamente, teniendo como finalidad aumentar la comprensión del fenómeno.

Schwarz et al., (2009) plantean cuatro elementos centrales para operacionalizar las prácticas de modelización, las cuales Acher (2014) recupera, teniendo en cuenta la naturaleza de las ciencias y la modelización por parte del alumnado, denominándolos tareas de modelización, estas no se presentan como pasos de una secuencia fija a seguir, lo que favorece la progresión de modelos más elaborados y precisos. Acher (2014), define estas tareas como:

- ❖ Construir modelos consistentes con evidencia admisible y teorías sobre cómo ilustrar, explicar y predecir fenómenos.
- ❖ Utilizar modelos para ilustrar, explicar y predecir fenómenos.

- ❖ Comparar y evaluar la capacidad de diferentes modelos tanto para representar adecuadamente y capturar patrones en fenómenos como para predecir nuevos.
- ❖ Revisar modelos de manera que se incremente su potencial explicativo o predictivo, considerando pruebas adicionales o nuevos aspectos en los mismos fenómenos o en otros similares (p. 68).

Las diferentes posturas de la modelización se entrelazan una entre otra, dado que cada postulado lleva a pensar sobre modelos, el lenguaje como vía de comunicación dentro de un actividad áulica, dando sentido a los construcción de los hechos, es entonces que podemos afirmar: pensar, actuar y comunicar fenómenos basados en modelos genera una actividad áulica significativa, por ende la modelización conlleva a:

- ❖ Construir argumentos posibilitando que el sujeto explique los fenómenos naturales a través de modelos lo más cercano a la ciencia.
- ❖ Establecer un puente desde la ciencia experta a la ciencia escolar
- ❖ Incorporar nuevos datos, posibilitando la progresión de los modelos científicos escolares como: entidades, relaciones y condiciones.
- ❖ Como el ejercicio de aplicar modelos ya establecidos para explicar los hechos del mundo -fenómenos-.

Por lo cual, la modelización supone el proceso del ajuste de los modelos aceptados por la ciencia a la ciencia escolar, de tal manera que en la escuela los alumnos al igual que los científicos pueden construir modelos para explicar los fenómenos -que en el caso del alumnado, son fenómenos escolares-.

2.1.2.2 Comunicación (negociación de significados)

La actividad modelizadora implica el desarrollo de las habilidades cognitivo lingüísticas de los estudiantes, que favorecen la progresión de modelos más elaborados y precisos de los fenómenos naturales, logrando establecer puntos de acuerdos entre los estudiantes al describir, explicar y argumentar; para ello es necesario hablar, escribir y leer, por tanto, es a través de este proceso comunicativo que los estudiantes van modificando su modelo explicativo y este ira progresando a

medida que van incorporando nuevas entidades, relaciones y condiciones a su modelo científico escolar.

Para ello en la clase de ciencias cuando pedimos que los estudiantes expliquen un fenómeno en realidad estamos pidiendo una justificación que haga referencia a un modelo teórico, que diga el porqué, lo cual detona el proceso de comunicación específicamente la negociación de significados enmarcadas en habilidades cognitivas lingüísticas (HCL) como describir, explicar, proponer y argumentar (Márquez, 2008). A través de este proceso comunicativo, los estudiantes van modificando su modelo explicativo el cual progresara a medida que van incorporando nuevas entidades, relaciones y condiciones a su modelo científico escolar.

Con base en el planteamiento de Márquez (2008), definimos las HCL, como:

- a) **Describir** en ciencias sirve para situar la manera de mirar el fenómeno, para identificar aquello que es relevante, y estas tendrían que limitarse al nivel de los hechos.
- b) **Explicar** en ciencias implica relacionar los hechos en el espacio y tiempo es decir la estructura elemental consiste en conectar la situación inicial del hecho con el final estableciendo puentes entre entidades, relaciones y condiciones
- c) **Proponer** en ciencias conlleva a que los estudiantes relacionen los aspectos relevantes del hecho o fenómeno con el modelo referenciado y propongan alternativas.
- d) **Argumentar** en ciencias implica usar razones desde el modelo explicativo utilizado, para interpretar el fenómeno, con la intención de convencer.

2.1.2.3 Progresión de modelos

Tal y como plantean Gómez Galindo (2014) y Talanquer (2013), la progresión de modelos científicos escolares se da a partir de ir incorporando entidades, estableciendo relaciones con otras para establecer condiciones en el modelo

explicativo y, que estas explicaciones progresen lo más cercano posible a un modelo científico escolar. Por tanto, la progresión de los modelos explicativos de los estudiantes se da en complejidad y abstracción

Así, la progresión de los modelos se puede identificar a partir del análisis de las explicaciones o respuestas dadas por estudiantes en diversos grados escolares; el diseño inicial de la progresión se basa en el desarrollo de modelos en la que pueden explicar los fenómenos, buscando construir una estructura funcional formal, es decir, una forma teórica de pensar, hablar y actuar sobre el mundo en este caso lo más cercano a la ciencia escolar (Gómez Galindo, 2014).

Básicamente la elaboración de progresiones de los modelos se considera ir de un modelo inicial a una comprensión integrada, en la que las ideas se conectan unas con otras de manera que permiten a los aprendices comprenderlas y usarlas para resolver problemas, plantearse nuevas preguntas y entender el mundo en el que viven e interpretar los fenómenos naturales con los modelos.

Gómez Galindo (2014), plantea que la progresión de los modelos parte de las explicaciones iniciales de los estudiantes acerca del fenómeno de estudio, de tal manera que a medida que se incorporan elementos, propios de la ciencia escolar, a sus representaciones, estos progresan a modelos intermediarios dado que conectan elementos, relaciones y condiciones, en este sentido progresa hasta consolidar un modelo científico escolar –alcanzado-, en virtud del Modelo de Arribo, al cual López-Mota y Rodríguez-Pineda (2013) han denominado Modelo Científico Escolar de Arribo (MCEA), que será el modelo que se espera alcancen los estudiantes.

2.1.3 Visión de Secuencia Didáctica desde los modelos y la modelización

En este apartado de la tesis se presentan los referentes teóricos para el diseño y construcción de la Secuencia Didáctica (SD) que es uno de los pilares de este proyecto de intervención/investigación. Lo que implica asumir una postura propia

para el diseño y construcción de la secuencia didáctica, a partir de tener claro los postulados que permitan establecer puntos de partida y de llegada.

En este trabajo partimos de la idea postulada por Méheut y Psillos (2004), en torno a que las secuencias didácticas deben ser utilizadas para referirse a la vinculación entre la enseñanza propuesta y lo que los estudiantes aprenden, y vislumbrar su inclusión en un proceso evolutivo gradual, considerando las perspectivas de aprendizaje, los enfoques pedagógicos y las características del contexto educativo.

Ahora bien, para favorecer los procesos de modelización del estudiantado en contextos reales de clase, López-Mota y Rodríguez-Pineda (2013) plantean necesario contar para el diseño de SD, con un MCEA, cuyas entidades, relaciones y condiciones estén claramente identificadas. Así el MCEA como eje orientador, permite establecer a dónde se quiere llegar en términos de modelos, máxime que se parte de la premisa de que los alumnos cuentan con sus propios Modelos Explicativos Iniciales (MEo) sobre los fenómenos científicos.

La perspectiva sobre una SD, depende de la mirada que se tiene de la enseñanza y del aprendizaje, por ende, de acuerdo con Martínez y Rodríguez-Pineda (2014), una Secuencia Didáctica es un dispositivo didáctico con fundamento teórico, integrado por un conjunto de actividades las cuales deberán estar diferenciadas, organizadas y secuenciadas, permitiendo el desarrollo curricular. Además, dicho dispositivo debe favorecer que los alumnos puedan llevar a cabo un gran número de tareas diversas, cuyo propósito esencial sea conseguir que éstos construyan sus propios modelos explicativos, sobre los diversos fenómenos naturales, como el origen de los terremotos. A partir de esta visión de SD, se retoma la propuesta de cómo secuenciar el aprendizaje planteada por Sanmartí (2002), tomando como eje orientador para la SD, la hipótesis de progresión propuesta por el concepto de MCEA.

2.1.3.1 *El Modelo Científico Escolar de Arribo (MCEA) como eje orientador*

En este apartado se conceptualiza el Modelo Científico Escolar de Arribo (MCEA) como eje orientador de aprendibilidad y enseñabilidad, el cual es considerado como:

Un dispositivo teórico-conceptual-metodológico en el ámbito de la investigación en didáctica de la ciencia, que permite orientar el diseño, la recolección de evidencias y su sistematización, así como la evaluación de una SD sustentada en los modelos y la modelización (López-Mota y Rodríguez-Pineda, 2013: 2010).

Como todo modelo científico es importante identificar en el MCEA las entidades, relaciones y condiciones que posibilitan la progresión de las representaciones acerca del fenómeno natural que de los estudiantes representan y explican.

Es necesario destacar que el MCEA es producto de la transposición didáctica del Modelo Científico Erudito (MC) y del Modelo Curricular (MCu), constituyéndose así en un modelo teórico científico escolar, al que se espera arriben los alumnos producto de un proceso de modelización en el marco de una ACE en el aula.

2.1.3.2 *Tipos de actividades para el aprendizaje propuestos por Sanmartí*

Sanmartí (2002), plantea de secuenciar el aprendizaje a partir de cuatro tipos de actividades que a continuación se enuncian:

- ❖ **Actividades de exploración:** son actividades que tiene como objetivo facilitar que los estudiantes planteen y expliquen sus representaciones iniciales acerca del fenómeno, en este caso particular, el del origen de los terremotos.
- ❖ **Introducción de nuevos puntos de vistas:** con las actividades de esta fase se pretende que el estudiante tenga la posibilidad de incorporar entidades, relaciones y condiciones que le permitan construir su modelo para explicar el fenómeno e ir en progresando a medida que se acerque al MCEA
- ❖ **Estructuración o de síntesis:** en estas actividades se recopilan y estructuran las entidades, relaciones y condiciones en el modelo; y que este progrese incorporando nuevos elementos, que le permitan al estudiante crear una base

de orientación para explicar el fenómeno del origen de los terremotos con base al MCEA.

- ❖ **Aplicación y generalización:** las actividades están orientadas a compartir las representaciones construidas, además permite al estudiante aplicar los conocimientos adquiridos en otras situaciones existiendo una negociación de significados para complementar e ir complejizando su modelo científico escolar.

La secuenciación de actividades implica partir de lo simple a lo complejo y de lo concreto a lo abstracto, de tal manera que para para el diseño de la SD retomaremos los cuatro tipos de actividades mencionadas, que en nuestro caso denominaremos 'fases', para así buscar la progresión de los modelos del alumnado a partir de la actividad didáctica, estableciendo como figura principal el papel del estudiante como constructor de sus modelos.

2.1.3.3 Mapa de Diseño Curricular

La construcción de un esquema conceptual (Sánchez Blanco y Valcárcel Pérez, 1993) y particularmente de un Mapa de Diseño Curricular (MDC) entendida como una herramienta de diseño curricular tal como lo plantean García-Martínez e Izquierdo (2014), permite organizar conceptual y visualmente los conceptos teóricos de la SD. Así pues el MDC, permite estructurar los elementos -entidades, relaciones y condiciones- que constituyen el MCEA, de menor a mayor jerarquía (de abajo hacia arriba) y se organizarlos de acuerdo a la complejidad y abstracción para que sean enseñables y aprendibles, por tanto, el MDC del MCEA, se constituye en la carta de navegación y herramienta clave para el diseño de una Secuencia Didáctica, mediante la cual se busca desarrollar el currículo desde una visión de ciencia basada en modelos.

Es necesario reconocer que el uso de esquemas conceptuales -que son tan solo representaciones- permite reflejar los conceptos y relaciones más relevantes, por ende se asume que la construcción del MDC es una herramienta útil para el diseño de una SD.

2.2 Desde las Ciencias de la Tierra

En este apartado se establecen las bases teóricas del fenómeno del origen de los terremotos a partir de la Ciencias de la Tierra, siendo la teoría de Tectónica de Placas, la que explica el fenómeno que nos ocupa, sin embargo es necesario hacer alusión previamente a la estructura interna de la Tierra -en particular a sus propiedades físicas-. Con el fin de delimitar los entidades que están presentes para explicar el origen de los terremotos desde la ciencia experta -Ciencias de la Tierra.

2.2.1 Estructura Interna de la Tierra definida por sus propiedades Físicas

El interior de la Tierra se caracteriza por un aumento gradual de su temperatura, presión y la densidad, afectando el comportamiento mecánico de los materiales terrestres, Por tanto la Tierra se divide en cinco capas principales en función de sus propiedades físicas y su resistencia mecánica: litosfera, astenosfera, mesosfera (manto inferior), núcleo externo e interno (Tarbuck, Lutgens y Tasa, 2008).

a) Núcleo interno y externo

El núcleo es la esfera central densa de la Tierra con un radio de 3.486 km, constituye la sexta parte del volumen de la Tierra, la presión en el centro es millones de veces mayor que la presión del aire en la superficie y las temperaturas pueden superar los 6.700 °C. Una característica del núcleo es su gran densidad; su densidad media aproximada es de 11g/cm³.

El núcleo interno es la esfera con un radio de 1.216 Kilómetros. A pesar de su temperatura más elevada, el material del núcleo interno es más resistente que el núcleo externo debido a la enorme presión se comporta como un sólido.

El núcleo externo es una capa líquida de 2.270 Kilómetros de grosor. Las corrientes conectivas del hierro metálico en esta zona son las que generan el campo magnético permitiendo generar corrientes eléctricas.

b) Mesosfera o manto inferior

La mesosfera o manto inferior se encuentra entre las profundidades de 660 kilómetros y 2.900 kilómetros es una capa rígida, a pesar de su resistencia, las rocas de la mesosfera están todavía muy calientes y son capaces de fluir de una manera muy gradual. El aumento de la presión contrarresta los efectos de la temperatura más elevada, y la resistencia de las rocas crece de manera gradual con la profundidad.

El manto inferior, representa el 82% del volumen de la Tierra, el tipo de roca dominante en el manto es la peridotita que tiene una densidad de 3.3 g/cm³. A mayor profundidad, la peridotita cambia y adopta una estructura cristalina más compacta y con mayor densidad; para el modelo dinámico las ondas S en la mesosfera viajan fácilmente a través del manto y este se comporta como un sólido elástico.

c) Astenosfera

Es la capa de rocas blandas que se encuentran debajo de la litosfera, en ella, se dan unas condiciones de temperatura/presión que provocan una pequeña cantidad de fusión, esto da como resultado que la litosfera está mecánicamente despegada de la capa interior por tanto se puede moverse con independencia (Cruz-Atienza, 2013).

d) Litosfera⁸

La litosfera es la capa externa de la Tierra está formada por la corteza y el manto superior, formando un caparazón relativamente frío y rígido, tiene un grosor de 100 km, pero puede extenderse hasta los 250 km. Debajo de la litosfera, en el manto superior a una profundidad de 660 km, se extiende una capa blanda, relativamente débil, conocida como Astenosfera.

⁸ En este trabajo Litosfera o corteza terrestre se tomara como sinónimo.

2.2.2. Teoría de Tectónica de Placas

Los científicos han dado cuenta que la corteza terrestre es móvil y que los continentes migran de una manera gradual a través del planeta, y que a veces las masas continentales se separan. En consecuencia surge la teoría de la Tectónica de Placas que se puede definir como una teoría compuesta por una gran variedad de ideas que explican el movimiento observado de la capa externa de la Tierra por medio de los mecanismos de subducción y de expansión del fondo oceánico.

La teoría de la tectónica de placas se divide en dos partes, la de deriva continental, propuesta por Alfred Wegener en la década de 1910 y la de expansión del fondo oceánico, propuesta por Harry Hammond Hess y aceptada en la década de 1962, que mejoraba y ampliaba a la anterior. La unión de estas teorías fue llamada teoría de la Tectónica de Placas o Tectónica Global en 1967.

La teoría Tectónica de Placas, propone que la corteza terrestre esta fraccionada en pedazos de corteza o placas, cuyos límites son las dorsales, trincheras y fallas transformantes, estas placas se encuentran en constante movimiento, por encontrarse en una Tierra geoesférica, tienen una velocidad angular y un polo de rotación (Tarbuck, Lutgens y Tasa, 2008).

El régimen de temperatura y presión de la Astenosfera superior es tal que las rocas que allí se encuentran se aproximan mucho a sus temperaturas de fusión, lo que provoca una zona muy dúctil que permite la separación efectiva de la litosfera de las capas inferiores, la roca poco resistente que se encuentra dentro de la Astenosfera superior permite movimiento de la capa externa rígida de la Tierra, que se mueven unas con respecto a las otras y cambian continuamente de tamaño y forma.

Las placas litosféricas, se mueven en relación con las demás a una velocidad muy lenta pero continua, de unos cinco centímetros anuales, siendo impulsadas por la distribución desigual del calor en el interior de la Tierra.

El material caliente que se encuentra en las profundidades del manto se mueve despacio hacia arriba y sirve como una parte del sistema de convección interna de nuestro planeta simultáneamente, las masas más frías y densas de la litosfera oceánica descienden al manto, poniendo en movimiento la capa externa y rígida de la Tierra. Por último los titánicos roces entre las placas litosféricas de la Tierra generan terremotos, crean volcanes y deforman grandes masas de roca en las montañas (Tarbuck, Lutgens y Tasa, 2008).

Las principales interacciones entre las placas individuales se producen a lo largo de sus bordes. De hecho, los bordes de las placas se establecieron por primera vez representando las localizaciones de los terremotos. Además, las placas tienen tres tipos distintos de bordes, que se diferencian en función del tipo de movimiento que exhiben:

1. Bordes divergentes (bordes constructivos): donde dos placas se separan, lo que produce el ascenso del material desde el manto para crear nuevo suelo oceánico.
2. Bordes convergentes (bordes destructivos): donde dos placas se juntan provocando el descenso de la litosfera oceánica debajo de una placa.
3. Bordes de falla transformante (bordes positivos): donde dos placas se desplazan lateralmente una respecto a la otra sin la producción ni la destrucción de la litosfera

La teoría de la tectónica de placas describe el movimiento de las placas y el papel que este movimiento representa en la generación o modificación de las principales estructuras de la corteza terrestre. Por consiguiente, la aceptación de la Tectónica de Placas no depende del conocimiento exacto de que impulsa los movimientos de las placas.

Lo anterior implica que la corteza terrestre o Litosfera (placas) tiene diferente Espesor, densidad, así como fronteras tectónicas y fallas o fracturas que interaccionan entre las placas.

2.2.2.1 Conducción y Convección del manto

Dentro de la corteza se produce un gran aumento de temperatura, la convección es la transferencia de calor mediante el movimiento o la circulación en una sustancia. Por consiguiente, las rocas del manto deben ser capaces de fluir.

El flujo convectivo en el manto es el proceso más importante que actúa en el interior de la Tierra. Este flujo, térmicamente importante, es la fuerza que impulsa las placas litosféricas rígidas a través del planeta y genera los diferentes fenómenos como son los terremotos.

Los modelos propuestos hasta ahora pueden explicar todos los principales aspectos de la Tectónica de las placas. Sin embargo, en general los investigadores están de acuerdo en lo siguiente:

- ❖ El flujo convectivo del manto rocoso de 2.900 kilómetros de espesor (donde la rocas calientes y flotantes ascienden y el material más frío y denso se hunde) es la fuerza impulsora subyacente que provoca el movimiento de las placas.
- ❖ La convección del manto y la tectónica de las placas forman parte del mismo sistema. Las placas oceánicas en subducción conducen la porción fría de la corriente de convección se mueve hacia abajo, mientras el afloramiento somero de rocas calientes a lo largo de los dorsales oceánicos y las plumas calientes del manto son la rama de flujo ascendente del mecanismo convectivo.

- ❖ Los movimientos lentos de las placas terrestres y el manto son dirigidos, en última instancia por la distribución desigual del calor en el interior de la Tierra.

Fuerzas que impulsan el movimiento de las placas actúan sobre las placas terrestres: algunas de ellas son fuerzas impulsoras, mientras que unas pocas se oponen al movimiento de las placas.

Las fuerzas impulsoras son: la fuerza de arrastre de la placa, la fuerza de empuje de la dorsal y la fuerza de la succión de la placa; las fuerzas que tienen a impedir el movimiento de las placas son la fuerza de resistencia de la placa y la fuerza de arrastre del manto.

Fuerza de arrastre de la placa, fuerza de empuje de la dorsal y fuerza de succión de la placa existe acuerdo general de la subducción de las capas frías y densas de la litosfera oceánica es la principal fuerza impulsora de movimiento de las placas. A medida que estas capas se hunden en la astenosfera, tiran de la placa a remolque. Este fenómeno, denominado fuerza de arrastre de la placa, se produce porque las capas antiguas de la litosfera oceánica son más densas que la astenosfera subyacente.

Por tanto, la teoría de la tectónica de placas se ve apoyada por: la distribución global de los terremotos y su estrecha asociación con los bordes de placas, la edad y el grosor de los sedimentos de los fondos de las cuencas submarinas, la existencia de cadenas de islas que se formaron sobre puntos calientes y proporcionaron un entramado de referencias para trazar la dirección del movimiento de las placas.

En el apartado anterior señalé que la litosfera no es una capa estable, dado que los fenómenos más notables son los sismos y las erupciones volcánicas que constituyen acontecimientos. Un ejemplo claro es la diversa forma de relieve terrestre son consecuencia de los cambios producidos durante determinado tiempo geológico, a través de la acción de dos fuerzas terrestres: externa e internas.

Fuerzas externas son producidas por la acción de los agentes erosivos que desgastan y desintegran las rocas, creando así nuevas formas de relieve pero sin olvidar las fuerzas internas que son el conjunto de agentes o de fenómenos orogénicos y epirogénicos que son movimientos internos que afectan al planeta Tierra y que dan lugar a grandes transformaciones de la corteza terrestre.

2.2.3 Terremotos⁹

De acuerdo con Tarbuck, Lutgens y Tasa (2008), los terremotos, llamados también movimientos telúricos o sísmicos, son vibraciones de la Tierra, causadas por el fracturamiento en profundidad de las rocas sometidas a permanentes y continuos esfuerzos, que se acumulan más allá de su límite elástico, hasta romperse y causar un desplazamiento súbito de la roca.

Los terremotos se originan por liberación de energía en el interior de la tierra, los terremotos tectónico se suelen producir donde la concentración de fuerzas generadas por los límites de las placas tectónicas dan lugar a movimientos de reajuste en el interior y en la superficie de la Tierra y están con la formación de fallas geológicas.

a) Procesos Epirogénicos y Orogénicos

Son movimientos que se afectan en sentido vertical y dan lugar a la formación de los continentes (epirogénico significa formar continentes), debido a este fenómeno existen levantamientos y hundimientos de porciones de la corteza terrestre. Un ejemplo claro es lo que sucede en el golfo de México de la emersión del relieve submarino o plataforma continental y hundimiento litoral del pacífico.

b) Movimientos orogénicos

Los movimientos orogénicos se realizan en sentido horizontal, estas fuerzas actúan de dos formas: comprimiendo las capas litosféricas que originan los plegamientos y

⁹ En este trabajo sismos o terremotos son sinónimos.

rompiendo las placas cuando estas resisten dicha compresión y no permiten ser plegadas ocasionan los rompimientos de los estratos para formar fracturas y fallas.

Un terremoto se desencadena cuando la tensión acumulada en la falla supera al rozamiento en el plano de esta. Esto libera una gran cantidad de energía, que se propaga por el interior terrestre a través de las ondas sísmicas. Al llegar a la superficie, estas ondas dan lugar a las ondas L (superficiales), que son las responsables de que estos fenómenos geológicos sean tan destructivos.

CAPÍTULO 3

RUTA METODOLÓGICA

Los terremotos han formado parte de la historia de la humanidad desde siempre, saber que se producen es un conocimiento ordinario; saber por qué se producen requiere explicaciones basadas en el conocimiento científico (Duschl, 1997:89).

En este capítulo se presenta la estructura metodológica o el camino seguido, a fin de responder pregunta de investigación planteada en el primer capítulo, lo cual implica en primer lugar, clarificar el objetivo de esta investigación/intervención.

3.1 Objetivos de la Investigación/Intervención

Para poder abordar la pregunta de investigación, se han planteado los siguientes objetivos

- ❖ Identificar los modelos explicativos de los alumnos sobre el fenómeno de los terremotos, en diferentes momentos de la implementación de una SD, diseñada desde la perspectiva de la modelización.

- ❖ Analizar si existe progresión en los modelos explicativos de los alumnos sobre el fenómeno de los terremotos, producto de la implementación de la SD.

3.2 Metodología

De acuerdo con Ernest (1995), el paradigma de investigación interpretativo o constructivista se caracteriza por una visión epistemológica constructivista, en la que hay una visión “no absolutista del conocimiento” y por ende de lo que se trata el proceso de investigación es de construir interpretaciones y no buscar generalidades, así en este caso interpretaremos las construcciones del alumnado a lo largo de una Secuencia Didáctica, de tal manera que la aproximación de investigación es fundamentalmente cualitativa, a partir del objeto de estudio, objetivos y referentes teórico-metodológicos.

A continuación, se presentan los momentos de la investigación/intervención, para atender el problema planteado con anterioridad; para ello trazamos tres grandes momentos o fases: la de diseño, en la que se identificaron los diferentes modelos que dieron origen al MCEA-TP, al MDC y a la construcción de la SD; la del trabajo de campo, en la cual se puso en marcha la SD en el grupo muestra, no sin antes realizar un pilotaje que permitió el ajuste de la SD y, la del análisis de datos que se basó en un estudio de casos múltiple en virtud de los modelos.

3.2.1 Fase de Diseño

Para diseñar y elaborar la Secuencia Didáctica (SD), que permitirá identificar los modelos de los estudiantes y su posible progresión, fue necesario construir previamente: los Modelos para el Diseño de la Intervención y el Mapa de Diseño Curricular del MCEA de Tectónica de Placas, para lo cual obviamente se realizó inicialmente la revisión de literatura, tal como se explicará a continuación.

Los Modelos para el Diseño de la Intervención:

En primer lugar, es importante recordar que, de acuerdo al marco teórico, todos los modelos construidos, están en virtud de: entidades, relaciones y condiciones, tanto de manera esquemática como gráfica, dado el planteamiento de Gómez Galindo (2011) los modelos se representaron de manera multimodales dado que incorporan diversos soportes semióticos -a partir de una tabla, esquema, maqueta, dibujo- que finalmente los estudiantes utilizaron para interpretar su modelo explicativo lo más cercano a la ciencia escolar.

Por un lado, el punto de partida para el diseño de la intervención son las explicaciones del estudiantado sobre el fenómeno de los terremotos, de tal manera que el Modelo Explicativo Inicial del alumnado a partir del análisis de las ideas previas reportadas en la literatura, el cual denominaremos MEot. Por otro lado, tal como se planteó en el marco teórico, el MCEA será el eje orientador del diseño de la SD, es decir será el modelo al cual se espera arriben los estudiantes para explicar el origen de los terremotos desde la ciencia escolar, como producto de la

construcción o transformación de sus modelos iniciales, en virtud de la intervención didáctica; este MCEA, proviene de la tensión y conexión entre el Modelo Científico o erudito (MC) inferido desde la ciencia experta de referencia, que en este caso se consultó en textos universitarios y que corresponde a la teoría de las Tectónicas de Placas, Deriva Continental, sismología, etc., y el Modelo Curricular (MCu) que se infiere a partir de la revisión y análisis de la información de los materiales curriculares oficiales vigentes, como lo son el programa educativo y el libro de texto de la SEP (2011^a: 2011b).

Mapa de Diseño Curricular del Modelo Científico Escolar de Arribo.

La construcción del Mapa de Diseño Curricular (MDC) tiene como fundamento jerarquizar el MCEA-TP sobre el origen de los terremotos para estudiantes de cuarto grado, donde los elementos del modelo -entidades, relaciones y condiciones- se presentan de menor a mayor jerarquía (de abajo hacia arriba) y se van organizan de acuerdo a la complejidad y abstracción para que sean enseñables y aprendibles.

Diseño y construcción de la Secuencia Didáctica

La SD se diseñó y construyó alrededor de tres grandes momentos que enmarcan las fases del ciclo de aprendizaje propuesto por Sanmartí (2002), secuenciando las actividades de lo simple a lo complejo: *'Inicio'* que corresponde a la fase de exploración de los modelos explicativos iniciales del alumnado; *'Desarrollo'* corresponde a las introducción de nuevos puntos de vista y de estructuración y *'Cierre'* que corresponde a la fase de síntesis y generalización, durante la aplicación de la SD el trabajo se realizara mayoritariamente en equipo.

3.2.2 Fase de Trabajo de Campo y Contexto de Aplicación de la SD

Al terminar el diseño y construcción de la SD, está se piloteó en un grupo de quinto grado de primaria -de 29 alumnos- de una escuela federalizada en turno matutino en el municipio de Ayapango Estado de México, lo cual permitió ajustar algunas de las actividades. La implementación definitiva que se analiza en el presente estudio, se realizó en el mismo contexto, pero ahora con el grupo de cuarto de primaria hacia

el final de su año escolar, debido a que la población de quinto grado para quienes de acuerdo con el programa de estudios (SEP, 2011a) se propone el tema de Tectónica de Placas, que da cuenta del origen de los terremotos, en la asignatura de geografía, ya había visto el tema con la maestra anteriormente.

Una vez diseñada, piloteada y ajustada la SD, se procedió a su implementación definitiva en el grupo de cuarto grado, el cual estuvo conformado por 27 alumnos - 15 niños y 12 niñas-con edades entre 9 y 10 años. Con ellos se procedió a conformar cuatro equipos, tres equipos de siete estudiantes y uno de seis, obteniendo datos individuales, en equipo y colectivos.

3.2.3 Fase de Análisis de Datos

La metodología seguida, se basó en un estudio de casos múltiple integrado (Yin, 1994), dado que nos permitió analizar de manera cualitativa a los cuatro equipos de estudiantes que durante la aplicación de la SD permanecieron con los mismos integrantes -lo que constituye los cuatro casos integrados en un mismo contexto-; los datos recogidos se agruparon en tres momentos -individual, por equipo y colectivo- para el análisis e interpretación de la información obtenida, con la intención de identificar la progresión de los modelos de los estudiantes, desde los mismos ejes de análisis y a partir de las cuatro fases de la SD.

El proceso de modelización se interpretó a partir de la progresión de los modelos, desde dos ejes de análisis: el primero, *'complejidad y abstracción'* en la incorporación de los elementos del Modelo -entidades, relaciones y condiciones- del MCEA-TP al ME del alumnado, en la medida que realizan las prácticas de modelización (Acher, 2014) y; el segundo *'comunicación'*, se refiere específicamente a la negociación de significados (Márquez, 2008). Los ejes de análisis se construyeron con fundamento en la modelización considerando la esencia misma de pensar, actuar y comunicar a través de modelos.

Así, el primer eje de análisis fue aportando entidades, relaciones y condiciones para identificar la progresión de los modelos desde el Modelo Explicativo Inicial (MEo) identificado en el aula, hasta el Modelo Explicativo Alcanzado (MEA), pasando por los Modelos Intermedios, para lo cual se realizaron ‘cortes’ al final de cada fase de la SD (Sanmartí, 2002); lo cual también permitió comparar el MEo con el MEot y con el MCEA-TP. Por tanto, *las entidades, relaciones y condiciones* del MCEA-TP -que se adoptó como eje orientador de la SD-, fueron el referente para ir dando cuenta de los modelos construidos por el estudiantado y, su progresión en virtud de la *complejidad y abstracción* que se iba dando.

El segundo eje de *análisis*, corresponde al proceso de *comunicación* específicamente a la *negociación de significados*, enmarcado en el desarrollo de las habilidades cognitivas lingüísticas como describir, explicar o expresar, proponer y argumentar (Márquez, 2008).

3.2.5 Principios Éticos

Es importante mencionar, que durante la aplicación de la secuencia didáctica se contó con la autorización del nivel de Educativo y padres de familia del grupo de cuarto grado de la Esc. Lic. Gabriel Ramos Millán en el Estado de México para poder videograbar y fotografiar el trabajo realizado en clase por los alumnos, así como acceder a los trabajos escritos de los alumnos del grupo muestra, e incluso publicar dichas producciones.

CAPÍTULO 4

MODELOS SOBRE EL ORIGEN DE LOS TERREMOTOS Y EL MAPA DE DISEÑO CURRICULAR

Los terremotos han formado parte de la historia de la humanidad desde siempre, saber que se producen es un conocimiento ordinario; saber por qué se producen requiere explicaciones basadas en el conocimiento científico (Duschl, 1997:89).

En este apartado se enuncia la inferencia del Modelo Explicativo Inicial (MEot), Modelo Curricular (MCu) y Modelo Científico (MC), considerando que existe un puente directo entre entidades relaciones y condiciones entre los MCu y MC para la construcción del Modelo Científico Escolar de Arribo (MCEA) como hipótesis directriz, así como la jerarquización del MCEA en el Mapa de Diseño Curricular que guiaran el diseño y construcción de la Secuencia Didáctica para la educación primaria.

4.1 Los modelos sobre el origen de los terremotos: el Explicativo Inicial, el Curricular y el Científico

En un primer momento presentamos los referentes para la inferencia del Modelo Explicativo Inicial -inferido de la literatura especializada- (MEot), en un segundo momento mostramos el referente para la inferencia del Modelo Curricular (Mcu) y en un tercer momento presentamos los referentes teóricos del Modelo Científico (MC).

4.1.1 Modelo Explicativo Inicial (MEot) a partir de la investigación educativa

Como se planteó en el apartado de 'Configuración del Problema' -en el primer capítulo-, se revisó la literatura especializada sobre las concepciones alternativas acerca del fenómeno de los terremotos en revistas propias del campo, como *Enseñanza de la Ciencias*, *Science Education*, *International Journal of Science Education*, *Journal of Research in Science Teaching*, *Science and Technological Education*, *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, así como en tesis de la UPN y de la UNAM.

La búsqueda se inició en la base de datos de ideas previas de la UNAM (<http://ccadet.unam.mx/ideasprevias/estrategias.htm>) en la cual sólo se localizaron dos investigaciones que hacen alusión a las concepciones sobre el fenómeno del interior de la tierra que tiene relación con la temática, estos son: Roald y Mikalsen (2000) "*What are the Earth and the heavenly bodies like? A study of objectual conceptions among Norwegian deaf and hearing pupils*" y; Marques y Thompson (1997a) "*Portuguese students' understanding at ages 10-11 and 14-15 of the origin and nature of the Earth and the development of life*".

Adicionalmente, los resultados de la búsqueda en la literatura especializada, fueron seis artículos en los cuales encontramos similitudes sobre estudios específicos de ideas previas sobre el fenómeno de los terremotos (ver Tabla 1 en el Capítulo 1). Es importante señalar que las ideas previas, como en este caso sobre el fenómeno del origen de los terremotos, pueden constituir un interesante punto de partida para llevar una construcción colectiva del conocimiento en el aula, más reflexiva, participativa y motivadora (Duit, 2006).

Al analizar el reporte de investigación de Mejías y Morcillo (2006), quienes hacen también una revisión de la literatura sobre el tema, se puede inferir la propuesta de cinco Modelos comunes de pensamiento por parte de los estudiantes, a saber: *modelo aristotélico*, en el cual se pensaba a la tierra como un organismo poseedor de vida; *modelo neptuniano*, suponía que las infiltraciones de agua del mar a cierta profundidad producían evaporaciones, y esto provocaba terremotos; *modelo teológico* éste tiene una similitud con el *modelo mítico* debido a las creencias populares basada en la observación del mundo pueden explicar los fenómenos y; el *modelo basado en el conocimiento científico* estas ideas muestran que están en proceso de construcción ya que expresan errores conceptuales (ver Tabla 4). Estos autores mencionan que,

El afloramiento de estas ideas prueba el papel tan importante que juega la sociedad en la elaboración de las concepciones de los estudiantes, estas ideas tan afianzadas, se convierten en núcleos duros difíciles de penetrar,

por lo que resulta difícil enfrentar las ideas religiosas con las científicas, sin embargo parece claro que los estudiantes pueden mantener las dos posturas sin entrar en contradicciones significativas, ya que su estrategia mental no es de comparación si no de alejamiento (Mejías y Morcillo, 2006: 134).

Tabla 4. Modelos comunes de pensamiento con base a Mejías y Morcillo, 2006

Modelo	Ideas del alumnado	Visión
Modelo Aristotélico	<ul style="list-style-type: none"> • Se abre grietas de la Tierra durante un terremoto a tragar gente y edificios. • Viento que sopla a través de pasajes subterráneos causa los terremotos. • La Tierra tiembla porque tiene escalofríos • Cuando la tierra tiembla no puede respirar adecuadamente provocando terremotos. • La Tierra se mueve para acomodarse • Cuando hace calor y el aire está estancado es indicio de que va a ocurrir un terremoto. • La tierra tiembla por tanto cambia el clima de calor a frío y la lluvia, la tierra se mueve para acomodarse. 	<p>Están basadas en creencias aristotélicas, en la cual se pensaba que la tierra es un organismo poseedor de venas y arterias y el seísmo un ataque de fiebre con jadeos y espasmo. Actualmente estas ideas son nulas, sin embargo, es común que los sujetos recurran a los animismos ante situaciones problemas que no encuentran solución.</p>
Modelo Neptuniano	<ul style="list-style-type: none"> • Los movimientos causados por los líquidos diferentes que hay en las tierras subterráneas y causan explosiones, movimientos, desbalances provocan terremotos. • Los terrenos solo ocurren donde hay volcanes • Porque un volcán explota bien fuerte y hace un terremoto. 	<p>Estas afirmaciones suponían que las infiltraciones del agua del mar a la llegar a cierta profundidad y ponerse en contacto estas producían evaporación y así se provocaba el terremoto</p>
Modelo Teológico	<ul style="list-style-type: none"> • El peso de las casas, edificios, etc., hace mucha presión en un lado y se baja más que otro. • Los terremotos son castigos de dios • La alineación de la luna, el sol y los planetas pueden provocar un terremoto. 	<p>Para explicar los terremotos suelen recurrir a los mitos o a las creencias populares, el mito que el hombre interpreta su mundo porque les ofrece una explicación lógica a asuntos difíciles de comprender o controlar, esta tiene una explicación lógica ya que se basa en la observación del mundo.</p>

<p>Modelo Basado en contenido científico</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Las ondas sísmicas implican el movimiento neto de largas distancias de las partículas • Las ondas sísmicas van desde la corteza al núcleo, pero no del núcleo a la corteza. • Ocurren vibraciones en el núcleo, manto de la tierra y hacen terremotos en tierra. • Por qué las capas de la tierra se mueven o son impactadas por una roca. • Las placas tectónicas se mueven y las ondas viajan por la tierra y se reflejan más fuertes en ciertos lugares. • La gravedad va moviendo las capas de la tierra • Las fuertes temperaturas del magma o su enorme presión puede desencadenar los terremotos • Cuando el magma se calienta burbujas haciendo presión hacia fuera de la tierra eso provoca terremotos • El magma trata de salir y como no puede tiembla la tierra 	<p>En estas ideas muestran que muchas de ellas están en proceso de construcción, ya que expresan algunas inexactitudes, incompletas, confusas o con errores conceptuales.</p> <p>Las explicaciones que se presentan, algunas de ellas muestran relaciones con los contenidos enseñados en el salón de clases, por ejemplo; corteza, núcleo, presión</p>
<p>Modelo Antiguo</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Los terremotos ocurren del colapso de cavidades subterráneas • Las rocas que están debajo de la Tierra se están partiendo y a la misma vez la tierra se mueva provocando terremotos • Las rocas se mueven hacia arriba y hacia abajo y otras de un lado a otras de lado y eso causa un terremoto • Las rocas que están debajo de la tierra se empieza a acomodar y creo que eso provoca los terremotos. 	<p>Estas ideas nos recuerda a los principios de Anaxímenes cuando afirmaba que los terremotos son causados por masa de rocas dentro de la tierra cayendo por alguna causa, chocando una con otras con gran violencias, siento que esta afirmación tiene una estrecha relación con la ciencia antigua, dado que las explicaciones que se daban en la antigüedad sobre los fenómenos naturales se basan en la percepción de los sentidos.</p>

Fuente: elaboración propia a partir de Mejías y Morcillo (2006).

Sin embargo, las ideas comunes presentes en los artículos analizados se vinculan fundamentalmente con explicaciones de tipo mítico-religioso y de la Tierra como un ser vivo (ver Tabla 5).

Tabla 5. Concepciones alternativas que se presentan con mayor frecuencia en las investigaciones reportadas

Referencia	Concepciones alternativas
Francek, M. (2013). A Compilation and Review of over 500 Geoscience Misconceptions. <i>International Journal of ScienceEducation</i> , 35, (1), 31-64	<ul style="list-style-type: none"> • La Tierra se mueve porque tiene frío • Los terremotos son castigos de dios • Las rocas que están debajo de la Tierra se están partiendo y a la misma vez la Tierra se mueva provocando terremotos
Simsek, L. (2007). Children's Ideas about Earthquakes. <i>Journal of Environmental & Science Education</i> , 2(1), 14 – 19.	<ul style="list-style-type: none"> • La tierra se mueve para acomodarse • Dios de enoja y nos castiga por eso tiembla
Mejías, N.E, y Morcillo, J. G. (2006). Concepciones sobre el origen de los terremotos: Estudio de un grupo de alumnos de 14 años de Puerto Rico. <i>Enseñanza de las ciencias</i> , 24 (1), 125-138.	<ul style="list-style-type: none"> • Los terremotos son castigos de dios • El aire y el calor están estancados y eso provoca los terremotos
Tsai, C. C. (2001). Ideas about earthquakes after experiencing a natural disaster in Taiwan; An analysis of student's world - views. <i>International Journal of Science Education</i> , 23(10), 1007 – 1016.	<ul style="list-style-type: none"> • Los terremotos son castigos de dios • Cuando hace calor y el aire está estancado es indicio de que va a ocurrir un terremoto
Allain, J. C. (1995). Séismes, éruptions volcaniques et interior de la terre: Conceptions d élèves de huit á dix ans. <i>Aster</i> (20), 43 -60.	<ul style="list-style-type: none"> • Tiembla por el calor que hay en el interior del planeta y es una forma de liberar sus gases la Tierra
Roos, K. E. K y Shuell. T. J. (1993). Children's beliefs about earthquakes. <i>ScienceEducation</i> , 77(2), 191- 205.	<ul style="list-style-type: none"> • Los terremotos son castigos de Dios

Fuente: elaboración propia.

Así pues, con base en los hallazgos y bajo la idea de que un Modelo está constituido por entidades, relaciones y condiciones, en la Tabla 6 se presentan los dos modelos explicativos iniciales (MEot) inferidos de la literatura de didáctica de las ciencias para dar cuenta del fenómeno de los terremotos; de aquí en adelante se destacarán en verde las columnas de las tablas en la que se haga alusión a las **entidades**, en amarillo a las **relaciones** y en naranja a las **condiciones** del modelo. De manera análoga se usará ese mismo código de colores en otro tipo de representaciones de los modelos.

Teniendo en cuenta lo planteado por Mejías y Morcillo (2006), estos modelos explicativos iniciales inferidos de la literatura (MEot) corresponden por un lado a un *modelo mítico-teológico* que concierne a explicaciones catastrofistas provocadas por Dioses y por el otro, al modelo Aristotélico, donde la Tierra se concibe como un ser vivo, así en este segundo modelo, los estudiantes trasladan las funciones de un ser vivo a la Tierra, la cual tiene frío, respira y en la cual el aire se puede estancar.

Tabla 6. MEot sobre los terremotos en virtud de entidades, relaciones y condiciones

Modelo	Entidades	Relaciones	Condiciones
Aristotélico	Tierra Roca Calor Aire Grietas	Acomodación Estancamiento	Se parten las rocas
Mítico – Teológico	Tierra Dios	Castigo	Enojo

Fuente: elaboración propia.

Es importante señalar que la inferencia del Modelo Explicativo Inicial (MEot) es uno de los puntos de partida de la SD, ya que se establece que tan cerca o alejado se encuentra del MCEA.

4.1.2 Modelo Curricular (MCu) a partir del análisis de los documentos oficiales vigentes de la Secretaría de Educación Pública -asignatura de Geografía México-.

A continuación, mostramos la revisión y análisis de los planes y programas de estudio de educación básica, específicamente del 2011¹⁰, en el campo formativo de exploración y comprensión del mundo natural y social -en preescolar y primaria-, en el cual se muestra que la asignatura de Geografía se ubica en Exploración de la naturaleza y la sociedad.

¹⁰ Véase en el anexo 3 el Mapa Curricular de la Educación Básica (SEP, 2011b) que sigue vigente, si bien en el 2017 se realizó la reforma curricular del plan y programas curriculares, en el Mapa curricular 2017, la asignatura de Geografía sigue estando en el campo curricular de Ciencias Naturales y tecnología ver Anexo 4.

El análisis del programa de educación primaria de quinto y sexto SEP (2011b) en la asignatura de exploración de la naturaleza y la sociedad, específicamente en la asignatura de Geografía; da relevancia a la temática *de la dinámica de la corteza terrestre*, siendo el fenómeno “los terremotos” el más importante de la geografía física en educación primaria (geociencias). Se revisó en el Bloque II “La Tierra y su naturaleza” y “Diversidad de los continentes” que aporta las primeras entidades para el MCu.

En la Tabla 7, se pueden observar los aprendizajes esperados y los contenidos planteados para quinto y sexto grado de primaria referente al fenómeno del origen de los terremotos que aporta el programa de quinto y sexto de primaria SEP (2011b) para la construcción del MCu.

Tabla 7. Aprendizajes esperados y contenidos en los programas de 5º y 6º de primaria

APRENDIZAJES ESPERADOS	CONTENIDOS
Programa de quinto grado	
<i>Que los estudiantes, comparen la distribución de las principales formas del relieve, regiones sísmicas y volcánicas en los continentes.</i>	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Distribución de las regiones sísmicas y volcánicas de los continentes.</i> • <i>Relaciones entre relieve, volcanes y zonas sísmicas de los continentes</i>
Programa de sexto grado	
<i>Que los estudiantes relacionen los movimientos internos de la Tierra con la sismicidad, el vulcanismo y la distribución del relieve.</i>	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Capas internas de la Tierra (núcleo, manto y corteza terrestre).</i> • <i>Movimientos de las placas tectónicas y su relación con la sismicidad y el vulcanismo.</i>

Fuente: elaborada con base en el programa de quinto y sexto grado de la asignatura de Geografía (SEP, 2011b).

Este primer acercamiento a los programas de estudio no fue suficiente, debido a que aportan pocos elementos para la construcción del MCu, por lo que se revisaron los libros de texto de quinto (SEP 2011d) y sexto grado, así como el Atlas de México (SEP, 2011e) y el Atlas Universal de Geografía (SEP, 2011f). Sin embargo, en la revisión del libro de sexto grado de educación primaria no se encontró algún aporte para la construcción de MCu, debido a que existe una posible incongruencia entre el programa y el libro de texto.

El análisis de libro de quinto grado de geografía de educación primaria (SEP, 2011d), en el bloque II. “Componentes Naturales de la Tierra” se encuentran los siguientes temas: el suelo que pisamos, una corteza quebradiza, movimientos de las placas tectónicas, los sismos o temblores y volcanes”, aportan entidades, relaciones y condiciones al MCu, en el Cuadro 2 presentamos fragmentos del libro de geografía que contribuyen a la construcción del MCu.

Cuadro 2. Fragmentos del libro de texto de Geografía de Quinto grado de Educación Primaria

<i>El suelo que pisamos</i>	<i>La corteza quebradiza</i>	<i>Movimiento de las placas tectónicas</i>	<i>Los sismos o los temblores</i>
<i>Procesos internos: ocurren al interior de la Tierra debido al movimiento de las placas tectónicas que originan volcanes, y ocasionan sismos o temblores (SEP, 2011d: 40).</i>	<i>Los continentes y los océanos son parte de la superficie terrestre que está formada por las placas tectónicas: enormes bloques rígidos de la corteza terrestre flotan sobre el material fundido del manto y sus movimientos son los causantes de los sismos o temblores y la formación de montañas y volcanes (SEP, 2011d: 41).</i>	<i>Movimiento de deslizamiento. Ocurre cuando las placas tectónicas se deslizan de manera lateral en direcciones contrarias como la falla de San Andrés. (SEP, 2011d: 42).</i>	<i>Los sismos son movimientos vibratorios originados por la energía que se libera al chocar las Placas Tectónicas (SEP, 2011d: 43).</i>

Fuente: elaboración propia a partir del libro quinto grado de la asignatura de Geografía (SEP, 2011d).

La revisión y análisis del Atlas Universal de Geografía (SEP, 2011e) aporta otros elementos –entidades, relaciones y condiciones- para la construcción del MCu que no están presentes en el programa, ni en los libros de texto, para ello se identificaron algunos fragmentos que se presentan en el cuadro 3.

Cuadro 3. Fragmentos del *Atlas Universal de Geografía*

<p>Deriva continental y tectónica de placas</p> <p><i>El movimiento del magma fundido dentro del manto terrestre provocó que la Pangea se rompiera y que los enormes trozos se desplazaran lentamente durante millones de años, han formado la distribución actual de los continentes. Los cambios producidos por la deriva continental son tan lentos, que tendrían que pasar miles de años para que la forma de los continentes y los océanos sea diferente a la actual.</i></p> <p><i>Sin embargo, la deriva continental produce fenómenos que pueden afectar el relieve en menor tiempo, como en el caso de un sismo o de una erupción (SEP, 2011e: 20).</i></p> <p><i>Actualmente nuestro planeta sigue cambiando por el constante reacomodo de los trozos o partes que forman la corteza terrestre, a los cuales se les llama <u>placas tectónicas</u>. Estas placas se <u>mueven</u> incesantemente, chocan, se separan o se <u>deslizan</u>, lo que puede provocar <u>sismos</u>, erupciones volcánicas y formación de relieve (SEP, 2011e: 20).</i></p>
<p>Vulcanismo y sismicidad</p> <p><i>En las zonas donde chocan o se separan las placas tectónicas ocurren dos fenómenos importantes: las erupciones volcánicas y los sismos. Un sismo es un <u>movimiento vibratorio</u> que se difunde en forma de ondas y se produce cuando las placas tectónicas <u>rozán</u> unas con otras y <u>liberan energía</u>. (SEP, 2011e: 22).</i></p>

Fuente: Tomado del Atlas de Geografía Universal (SEP, 2011e).

Con base en la revisión curricular de programas de estudio de 4°, 5° y 6° de primaria, libros de textos (SEP, 2011d) y Atlas Universal de Geografía (SEP, 2011e), se infirió el Modelo Curricular (MCu) tomando entidades, relaciones y condiciones de los materiales curriculares vigentes lo cual muestra un acercamiento para explicar el origen de los terremotos desde el currículo oficial, en la Tabla 8. se muestran el MCu sobre el origen de los terremotos en virtud del análisis de los materiales curriculares oficiales en México.

Tabla 8. MCu sobre los terremotos en virtud de entidades, relaciones y condiciones

Entidades	Relaciones	Condiciones
Capas internas de la Tierra	Flotación	Materiales fundidos
Manto	Desplazamiento	Factores internos
Corteza terrestre	Rozamiento	Liberación de energía
(litosfera)	Choque	
Placas tectónicas	Movimiento	
Energía		

Fuente: elaboración propia.

4.1.3 Modelo Científico (MC) Erudito a partir de la Teoría de Tectónica de Placas

La teoría de Tectónicas de Placas es el gran modelo para explicar diversos fenómenos naturales tales como creación de relieve, erupciones volcánicas,

maremotos, terremotos, etc. Es necesario mencionar que el fenómeno que nos ocupa es identificar los elementos, relaciones y condiciones del fenómeno del origen de los terremotos a partir del modelo científico de tectónica de placas.

A partir de la revisión de la Ciencia experta –Ciencias de la Tierra-, podemos construir el MC, tomando entidades, relaciones y condiciones del gran modelo que explica el fenómeno del origen de los terremotos, para ello tomamos fragmentos de la Teoría que explican el fenómeno de estudio que a continuación presentamos:

¿Sismo o terremotos?

En este trabajo sismo o terremoto será utilizado como sinónimo, de acuerdo con Cruz-Atienza (2013: 9) *“los sismos, también llamados terremotos son la ruptura violenta de roca que ocurre en el interior del planeta”*.

Diversas interpretaciones científicas defienden que los **terremotos**, llamados también **movimientos telúricos** o **sísmicos**, son vibraciones de la Tierra, causadas por el fracturamiento en profundidad de las rocas sometidas a permanentes y continuos esfuerzos, que se acumulan más allá de su límite elástico, hasta romperse y causar un desplazamiento súbito de la roca que la vuelve elásticamente a su forma original.

Otro punto de vista es el de Tarbuck, Lutgens y Tasa (2008:389) quienes sostienen que *“Un terremoto es la vibración de la Tierra producida por la rápida liberación de energía”* por tanto sustentan que los terremotos se originan por el deslizamiento de la corteza terrestre a lo largo de la falla.

Buorn y Udias (2009: 66) señalan que *“Los terremotos se ocasionan por la ruptura súbita de la corteza terrestre producida por la acción de los esfuerzos tectónicos cuando estos superan la resistencia de los materiales”*. La relación de los esfuerzos obedece al movimiento de las placas litosféricas, por tanto, la mayoría de los terremotos ocurren en los bordes de las placas.

El escenario presentado trata de definir desde la ciencia, cómo y por qué ocurren los terremotos; las perspectivas antes citadas, asumen que los terremotos se producen por la liberación de energía ocasionando la ruptura de la corteza terrestre debido a los esfuerzos tectónicos y a la resistencia de los materiales causando vibraciones en la Tierra.

A diferencia de otros fenómenos naturales, los terremotos amenazan en silencio, nada podemos hacer para evitarlos, sin embargo, es necesario conocer, observar y entender cómo se origina (Cruz-Atienza, 2013).

Por tanto, es necesario conocer el interior del planeta Tierra, para comprender el mecanismo que da origen al fenómeno de los terremotos a partir de la estructura interna de la Tierra en su modelo dinámico.

El estudio de los terremotos ha permitido definir el interior de la Tierra y distinguir tres capas principales, desde la superficie avanzando en profundidad, en función de la velocidad de propagación de las ondas sísmicas. Dichas capas, apreciables en un corte transversal, son: corteza, manto y núcleo.

La corteza; capa superior de la Tierra, no siempre es la misma; a corteza que está por debajo de los océanos tiene sólo unos 5 kilómetros de grosor, mientras la corteza continental llega a alcanzar hasta 65 kilómetros de grosor. La corteza oceánica está formada por minerales más densos que la corteza continental, las placas tectónicas están formadas por la corteza terrestre y por la parte superior del manto que está por debajo.

La corteza terrestre se le llama litosfera, y pueden extenderse hasta 80 kilómetros de profundidad. La litosfera está dividida en placas gigantes que se ajustan como piezas de un rompecabezas alrededor del globo terráqueo. Las piezas de este rompecabezas se mueven un poquito cada año, a medida que se desplazan sobre la parte del manto más o menos fluida llamada Astenosfera.

La Astenosfera es maleable y puede ser empujada y deformada, como la plastilina, en respuesta al calor de la Tierra. Estas rocas realmente fluyen; moviéndose en respuesta al estrés que les imponen los movimientos del interior profundo de la Tierra. La fluida Astenosfera carga sobre sí la litosfera de la Tierra, incluyendo los continentes.

Las placas que forman la corteza terrestre se encuentran flotando sobre materiales pastosos sometidos a fuertes presiones. Se desplazan lentamente las unas con respecto a las otras. En el pasado estuvieron unidas, después se separaron formando los actuales continentes.

Debido a estos movimientos y a la presión sobre los materiales internos, se producen diversos fenómenos: plegamientos, fallas, grietas, volcanes y terremotos. Vivimos sobre una superficie que, lejos de permanecer estable, va cambiando a lo largo del tiempo.

El concepto básico de la teoría de la tectónica de placas es simple: el calor asciende, el aire caliente asciende por encima del aire frío y las corrientes de agua caliente flotan por encima de las de agua fría. El mismo principio se aplica a las rocas calientes que están bajo la superficie terrestre.

El movimiento continuo de los materiales fundidos de la Astenosfera; en cierta forma circular, se denomina convección. En los bordes de la placa divergente y en las zonas calientes de la litosfera sólida, el material fundido fluye hacia la superficie, formando una nueva corteza.

El análisis de la teoría de Tectónica de placas que explica el fenómeno de los terremotos desde el punto de vista de los científicos, contribuyó a la construcción del Modelo Científico Escolar de Arriba del origen de los terremotos –el cual se encuentra más adelante-, que se plantea desde la geofísica y la sismología. A

continuación, se enuncian algunos principios que establecen las entidades, relaciones y condiciones a partir del modelo de la ciencia experta.

La teoría de la Tectónica de Placas proporciona un modelo del funcionamiento interno de la Tierra. Sostiene que la Litosfera está formada por varias placas, que, se encuentran en movimientos lentos y continuos.

La tectónica de placas, la capa externa rígida de la tierra (Litosfera) se encuentra por encima de una región más débil, denominada Astenosfera. Además, la Litosfera está dividida en siete grandes fragmentos y otros más pequeño, denominados, placas, que se están moviendo y cambiando continuamente de forma y tamaño (Tarbuck, Lutgens y Tasa, 2008: 37)

Las placas se mueven en relación con las demás a una velocidad muy lenta pero continua; este movimiento es impulsado en el último extremo por la distribución desigual del calor en el interior de la Tierra.

El material caliente que se encuentra en las profundidades del manto se mueve despacio hacia arriba y sirve como una parte del sistema de convección interna de nuestro planeta simultáneamente, las masas más frías y densas de la litosfera oceánica descienden al manto, poniendo en movimiento la capa externa y rígida de la Tierra, los titánicos roces entre las placas litosféricas de la Tierra generan terremotos, crean volcanes y deforman grandes masas de roca en las montañas.

La interacción entre las placas es la responsable de las erupciones volcánicas, terremotos, cadenas montañosas, cuencas oceánicas, así como del reciclaje del material rocoso. Los principales límites entre placas son:

- Divergente, las placas se alejan unas de las otras. Temblores someros y de extensión.
- Convergente, las placas convergen. Temblores de someros a profundos con mecanismos variables.

- Transformante, las placas se deslizan lateralmente. Fallas laterales o transformantes. Temblores someros y de cizalla.

Los terremotos se originan por liberación de energía en el interior de la Tierra, los terremotos tectónicos se suelen producir donde la concentración de fuerzas generadas por los límites de las placas tectónicas da lugar a movimientos de reajuste en el interior y en la superficie de la Tierra y están con la formación de fallas geológicas.

Es importante mencionar que la geofísica en los últimos años ha tenido grandes cambios modificando sus teorías y términos científicos un ejemplo claro son los sismos no son trepidatorios u oscilatorios debido a que las ondas sísmicas generadas por sismos provocan movimientos en muchas más direcciones simultáneamente y no solo verticales u horizontales (Cruz-Atienza, 2013).

Si bien, para determinar la inferencia del modelo científico experto se consideró el modelo dinámico del interior de la Tierra (teoría de Tectónica de Placas), para tener una mayor claridad, se presentan las entidades, relaciones y condiciones para que el modelo funcione y explique el fenómeno de los terremotos (ver Tabla 9).

Tabla 9. MC sobre los terremotos en virtud de entidades, relaciones y condiciones

Entidades	Relaciones	Condiciones
Litosfera: placas tectónicas y fondo oceánico Densidad Espesor Fronteras tectónicas Fracturas y fallas Astenosfera: (Material fundido) Presión Temperatura Energía (elástica) Tensión Ondas sísmicas Epicentro Hipocentro	Isostasia Interacción Contacto por fricción Flotación Borde o límites de las placas Fuerzas (esfuerzos) de arrastre Rozamiento Movimiento vibratorio Rompimiento de la roca	Deformación de las rocas Flotación Flujo de calor (conducción) Convección Acumulación de energía Resistencia de los materiales Liberación de energía

Fuente: elaboración propia.

4.2 Modelo Científico Escolar de Arribo de Tectónica de Placas (MCEA-TP) sobre el origen de los terremotos para la educación primaria

La conexión entre el Modelo Curricular (MCu) y Modelo Científico (MC) permite construir el Modelo Científico Escolar de Arribo (MCEA), al tomar las entidades, relaciones y condiciones que se requieren para explicar el origen de los terremotos, es necesario mencionar que las entidades del Modelo Curricular (MCu) que expresan el fenómeno de los terremotos en los materiales curriculares vigentes, son insuficientes para **explicar** el fenómeno antes mencionado.

Durante el análisis de los dos modelos se identificaron las entidades centrales, así como las relaciones y condiciones que se consideraron necesarias para explicar el origen de los terremotos desde la ciencia escolar. Las entidades que se trasladaron del MCu y MC al MCEA, son Litosfera, Astenosfera, densidad, espesor, fronteras tectónicas y fractura o falla, del MCu se trasladaron las entidades placas tectónicas y materiales fundidos, son entidades fundamentales para que el MCEA funcione, así como las relaciones tales como interacción, fuerzas de arrastre, contacto por fricción y movimiento vibratorio, las condiciones que se trasladaron al MCEA son resistencia de los materiales, acumulación de energía y liberación de energía, con lo anterior se construye el MCEA (ver Tabla 10).

Tabla 10. Entidades, relaciones y condiciones del MCEA-TP.

Entidades	Relaciones	Condiciones
Tierra a. Litosfera -Placas Tectónicas-: <ul style="list-style-type: none"> • Densidad • Espesor • Fronteras tectónicas • Fractura o falla b. Astenosfera -materiales fundidos-	Flotación Interacción Fuerzas de arrastre Contacto por fricción Movimiento vibratorio Rompimiento de la roca	Resistencia de los materiales Acumulación de energía elástica Liberación de energía

Fuente: elaboración propia.

Es importante recordar que el MCEA-TP es el eje rector del diseño y construcción de la Secuencia Didáctica (SD). Los entes que se establecen y su relación entre ellos son los que explican el fenómeno de los terremotos.

4.2.1 Estructuración y jerarquización de las entidades relaciones y condiciones del MCEA-TP mediante el Mapa de Diseño Curricular (MDC)

En este apartado se presenta el MCEA sobre el origen de los terremotos y la jerarquización del mismo, mediante la construcción de un Mapa de Diseño Curricular (MDC) permitiendo estructurar las entidades, relaciones y condiciones que lo constituyen; convirtiéndose este MDC (García-Martínez e Izquierdo, 2014) en una herramienta de diseño visual y potente para el diseño de la SD, que permite comprender las relaciones existentes entre las entidades, relaciones y condiciones de este modelo, considerando que la conexión entre ellos esté y sea clara para el diseño de una Secuencia Didáctica (SD).

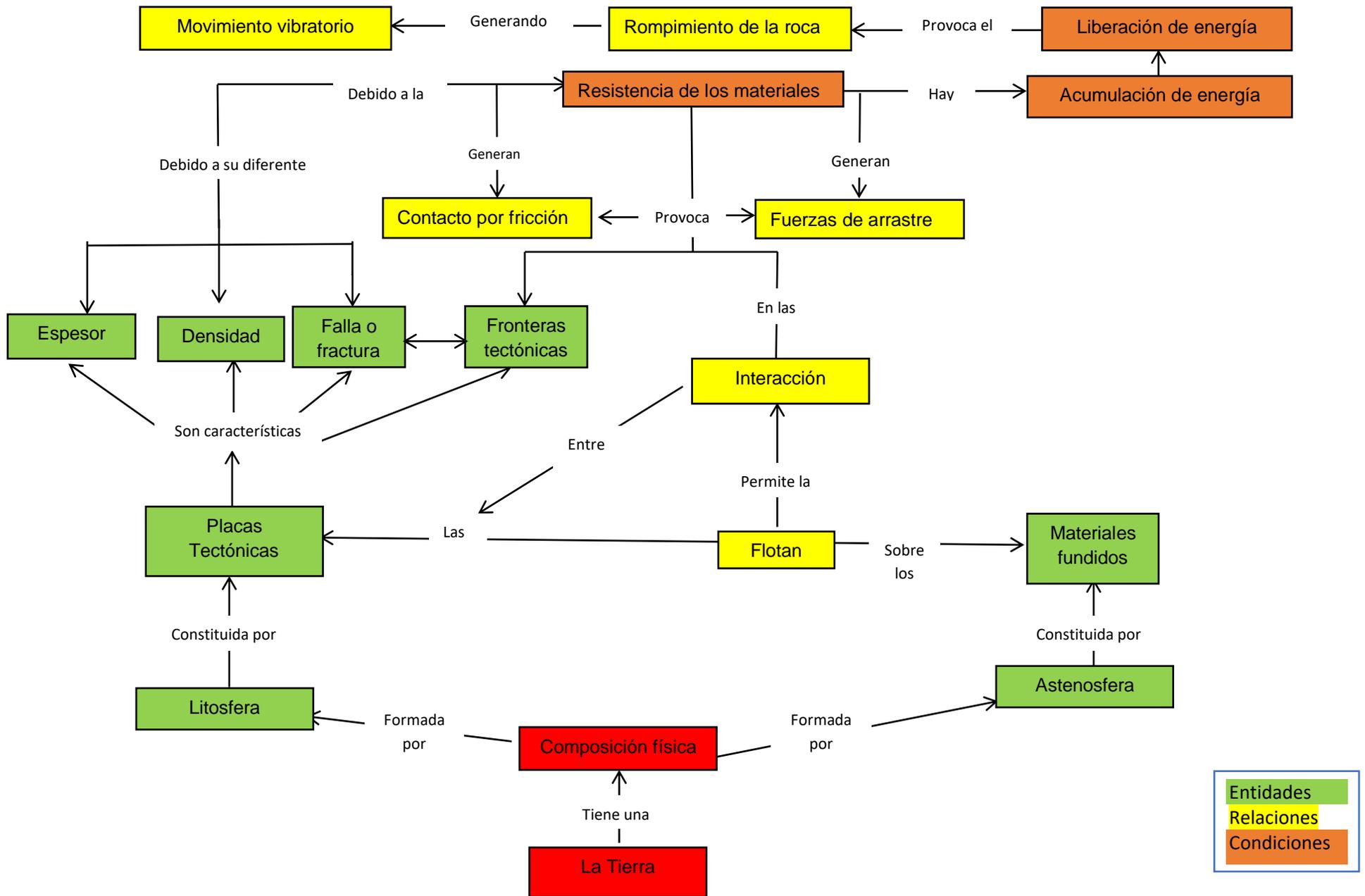
Contar con un mapa de diseño en el que se vea la jerarquización de los conceptos que se trabajan en la SD, resulta una guía útil tal como lo plantean (Sánchez y Valcárcel, 1993).

El Mapa de Diseño Curricular permite estructurar y delimitar el fenómeno de estudio, así como decidir qué entidades tienen un carácter descriptivo, interpretativo y explicativo que nos permita conocer funciones características del modelo.

Una vez estructurados y jerarquizados las entidades del MCEA, en el MDC podremos dar seguimiento a todos los elementos del modelo, sin perder de vista cada una de las fases del diseño que corresponden al tipo de actividades que propone (Sanmartí, 2002).

En el Mapa de Diseño Curricular se presentan las entidades, relaciones y condiciones del MCEA del origen de los terremotos (ver Esquema 2) se muestra la estructuración y jerarquización de menor a mayor jerarquía (de abajo hacia arriba), que se van organizando de acuerdo a la complejidad y abstracción; los colores que están presentes en el MDC muestran las entidades, relaciones y condiciones, el color rojo que hacen referencia al gran Modelo y al sub modelo de Estructura interna de la Tierra en su composición física, el color verde se presentan las entidades, en

el color amarillo las relaciones y el color naranja representa las condiciones y se lee de abajo hacia arriba.



Esquema 2. Mapa de Diseño Curricular sobre el origen de los terremotos para estudiantes de quinto grado de educación primaria

CAPÍTULO 5

SECUENCIA DIDÁCTICA SOBRE EL FENÓMENO DE LOS TERREMOTOS BASADA EN LA MODELIZACIÓN

Los terremotos han formado parte de la historia de la humanidad desde siempre, saber que se producen es un conocimiento ordinario; saber por qué se producen requiere explicaciones basadas en el conocimiento científico (Duschl, 1997:89).

En este capítulo se aborda el diseño y construcción de la Secuencia Didáctica (SD) fundamentada en la modelización, cuya carta de navegación es el Modelo Científico Escolar de Arribo de Tectónica de Placas (MCEA-TP), jerarquizado en el Mapa de Diseño Curricular, estableciendo los tres grandes momentos: 1. 'Inicio', el cual se integra por la fase de exploración de explicaciones del alumnado; 2. 'Desarrollo', que integra las fases de nuevos puntos de vista y de estructuración y; 3. 'Cierre', que corresponde a la fase de aplicación de la SD.

5.1 Tensión entre el Modelo MEot y MCEA-TP

La tensión entre el Modelo Explicativo Inicial (MEot) y el MCEA-TP permite proponer y construir actividades para lograr la construcción de dicho modelo. No se debe perder de vista que el MCEA representa una guía apropiada para el diseño de la Secuencia Didáctica (SD), con la finalidad de aportar claridad al diseño de la SD, estableciendo un referente cognitivo viable, se asume que las entidades, relaciones y condiciones, que deben ser abordados van de lo simple a lo complejo y de lo concreto a lo abstracto (Sanmartí, 2002).

El tensionar ambos modelos da la pauta para reconocer las diferencias y las similitudes que se encuentran entre sus entidades, relaciones y condiciones; y, permite mirar que tan cerca o tan lejos se está de un modelo de la ciencia escolar.

A continuación, enunciaremos algunas diferencias y similitudes entre ambos modelos:

- En el MEot un elemento que tienen similitud es **la grieta** que el MCEA podría entenderse como **fractura**.

- El MEot encontramos el elemento **calor** que en el MCEA podría dar cuenta del elemento **energía**.
- Para que funcione el modelo es preciso colocar una etiqueta a la acumulación, cabe señalar que en el MEot da como un primer acercamiento, cuando incide en la acumulación de calor y a lo que se espera alcanzar es que el estudiante explique que es una acumulación de energía.
- En el MEot se sustenta la idea que los terremotos suceden por castigo de Dios, siendo una de las grandes discrepancias con respecto al MCEA.
- En el MEot se sustenta la idea que la Tierra es un ser vivo, considerando que ésta se mueve para acomodarse debido a esta relación la Tierra tiembla.

La comparación de los modelos MEot y MCEA-TP da cuenta de las similitudes y diferencias en cuanto a entidades, relaciones y condiciones entre ambos modelos, en la Tabla 11 se precisan los dos modelos inferidos de la literatura que muestran la cosmovisión que se tiene a partir del análisis del estado del arte acerca del fenómeno del origen de los terremoto; y con respecto al modelo científico escolar de arriba se mira una distancia del modelo reportado hacia el MCEA-TP y en el Esquema 3 se presenta de manera análoga el MEot con respecto al modelo científico escolar (ver Tabla 11 y Esquema 3).

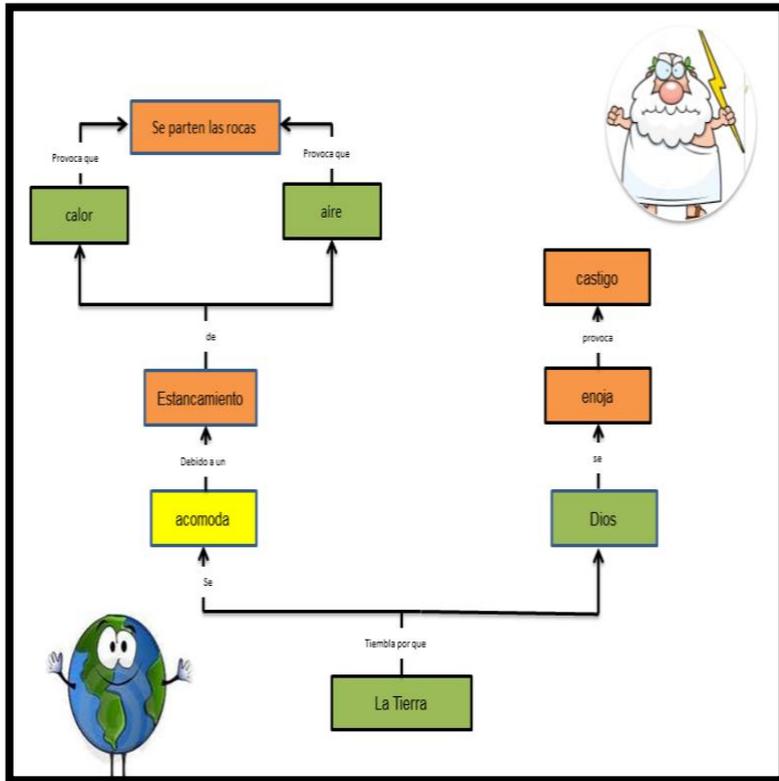
Tabla 11. Comparación entre modelos del origen de los terremotos

Modelos Explicativos Iniciales (MEot)				Comparación Entre modelos	Modelo Científico Escolar de Arribo (MCEA-TP)		
Modelo	Entidades	Relaciones	Condiciones		Entidades	Relaciones	Condiciones
Aristotélico	Tierra Roca Calor Aire Grietas	Acomodación Estancamiento	Se parten las rocas			Tierra a. Litosfera -Placas Tectónicas-: <ul style="list-style-type: none"> • Densidad • Espesor • Fronteras tectónicas • Fractura o falla b. Astenosfera- materiales fundidos-	Flotación Interacción Fuerzas de arrastre Contacto por fricción Movimiento vibratorio Rompimiento de la roca
Mítico – Teológico	Tierra Dios	Castigo	Enojo				

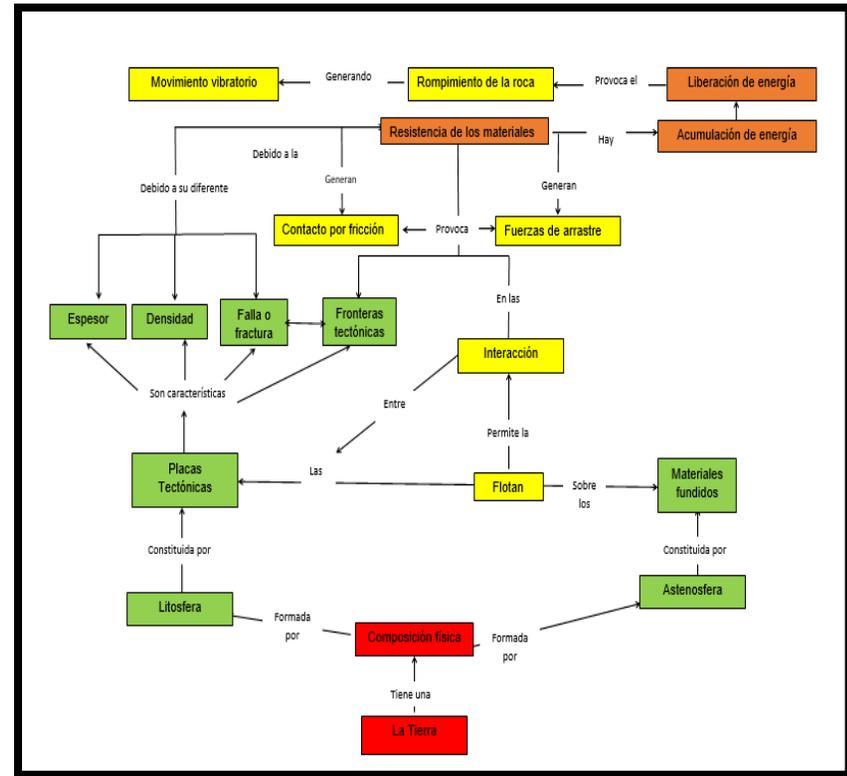
Fuente: elaboración propia.

Nota: los Modelos Explicativos Iniciales se presentan en forma de tabla, a partir del análisis de la literatura acerca del fenómeno del origen de los terremotos, y se comparan con el Modelo Científico Escolar de Arribo de Tectónica de Placas, expresado también en forma de tabla con la intención de mostrar la distancia que se tiene con respecto al modelo científico escolar.

Esquema 3. Comparación entre MEot y MCEA-TP



Modelo Explicativo inicial teórico (MEot)



Modelo Científico Escolar de Arribo de Tectónica de Placas

Nota: se muestra la comparación entre los modelos, siendo una manera multimodal para representarlos, de esta forma que da claro que el MEot acerca del origen de los terremotos ocurren por un castigo divino o por que la Tierra es un ser vivo; y al observar el MCEA-TP comparten la entidad Tierra y la relación de rompimiento de la roca (se parten las rocas).

5.2 Postura teórico-metodológica de la Secuencia Didáctica (SD)

En el capítulo 2, se establecieron los referentes teóricos para el diseño y construcción de la Secuencia Didáctica (SD) sobre el fenómeno de los terremotos en marcada en dos grandes posturas teórico-metodológico.

Driver (1998) propone tres momentos -Inicio, Desarrollo y Cierre- para la construcción de la Secuencia Didáctica, lo cual nos permite jerarquizar el diseño de las actividades mediante las fases: de exploración de explicaciones del alumnado, introducción de nuevos puntos de vista, estructuración y síntesis y, aplicación y generalización, que van de lo simple a lo complejo (Sanmartí, 2002); enmarcadas en el Mapa de Diseño Curricular ponderando las entidades, relaciones y condiciones del MCEA-TP.

En esta SD concebimos a las actividades didácticas como un conjunto de acciones planificada por el profesorado que tienen la finalidad de promover el aprendizaje de los alumnos, a través de ellas que los estudiantes interactúan promoviendo el control didáctico, los estudiantes y el profesor negocian y concierta; se organiza el tiempo y el espacio para alcanzar finalidades educativas concretas (Sanmarti, 2002).

Por tanto, es con el diseño de las actividades didácticas que se establece un puente entre las ideas de partida de los alumnos y mediadores didácticos para lograr que el alumno modelice un fenómeno con ideas lo más cercanas a la Ciencia Escolar. Durante el diseño de las actividades de la SD se promovieron las interacciones comunicativas en el aula dando sentido a sus modelos explicativos tanto individual como colectivamente.

5.3 Diseño y descripción general de la SD

Los criterios teóricos-prácticos de diseño y construcción de la Secuencia Didáctica son:

1. La estrategia debe estar anclada en la modelización entendida como pensar, actuar y comunicar.
2. Conocer los Modelos Explicativos Iniciales (MEo) del grupo muestra con respecto al Modelo Explicativo Inferido (MEot) sobre el origen de los terremotos.
3. Construcción de Modelos Explicativos lo más cercano al MCEA-TP.
4. Diseñar la Secuencia Didáctica que vaya de lo simple a lo complejo y de lo concreto a lo abstracto.
5. Secuenciación coherente del diseño de las actividades

Propósito General de la SD

Propiciar la progresión en el aprendizaje de los alumnos sobre el origen de los terremotos, desde sus modelos explicativos de carácter Internalista hacia un modelo científico escolar de tectónica de placas, mediante la realización de las actividades didácticas planteadas desde la modelización, en cada momento de la SD.

Diseño y descripción de las fases de la SD

Para el Diseño de las Actividades didácticas de la SD, tendrán fundamento en los tipos de actividades que establece Sanmartí (2002), integrando actividades de exploración, introducción de nuevos puntos de vistas, estructuración y de síntesis y de generalización y aplicación.

La estructura general de la SD, se diseñó en tres grandes momentos de:

- Inicio: que la integra la fase de Exploración que tiene como objetivo que el alumnado explicita su modelo explicativo inicial sobre el fenómeno de los terremotos, a partir de las actividades propuestas en la SD.
- Desarrollo: que corresponde a la fase de Introducción de nuevos puntos de vista y estructuración, que tiene por objetivo la construcción de los modelos explicativos intermedios de los estudiantes con las actividades planteadas en la ED.

- Cierre: en la fase de aplicación, hemos integrado la generalización del modelo construido por el alumnado y tiene como objetivo que el estudiante muestre el progreso el modelo alcanzado con respecto al MCEA-TP, por medio de las actividades propuestas.

En la Tabla 12, se muestra la Diseño general de la SD, así como las actividades construidas para su aplicación en los tres momentos con la finalidad de alcanzar el MCEA.

Tabla 12. Diseño General de la SD: momentos, fases, actividades y progresión de modelos

MOMENTOS DE LA SD	Inicio	Desarrollo		Cierre
FASE (Sanmartí, 2002)	Exploración	Introducción de nuevos puntos de vista	Estructuración	Aplicación
ACTIVIDADES	<p>Actividad 1. Armado de un rompecabezas</p> <p>Actividad 2. Aplicación del cuestionario</p>	<p>Actividad 3. Lectura “Una corteza quebradiza”</p> <p>Actividad 4. Experimento “La cáscara de la Tierra”</p> <p>Actividad 5. Experimento “El huevo flotante”</p> <p>Actividad 6 Comparando grosores “Las tablas de madera”</p>	<p>Actividad 7. Lectura “Los continentes un gran rompecabezas”</p> <p>Actividad 8. Experimento “Frotando rocas”</p> <p>Actividad 9. Lectura “<i>Sacude sismo de 8 grados Richter a Chile</i>” www.elperiodicod.eutah.com</p>	<p>Actividad 10. Video “Sismo en México”</p> <p>Actividad 11. Construcción de maquetas para explicar lo que origino el sismo en México en abril de 2014.</p>
PROGRESIÓN DE MODELOS IDENTIFICADOS	Inicial	Intermedio 1	Intermedio 2	Alcanzados

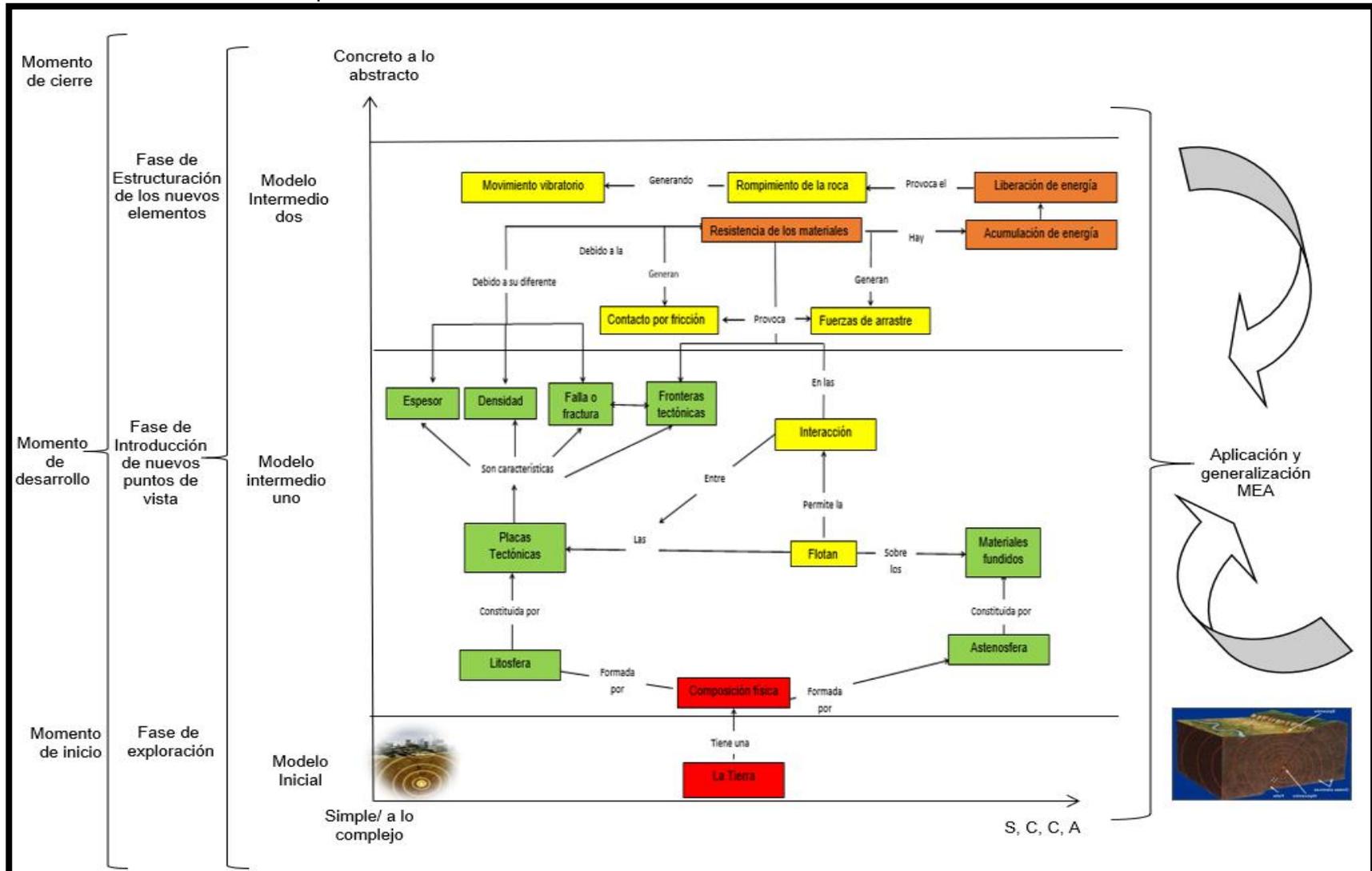
Fuente: elaboración propia.

Es necesario destacar que cada actividad presenta un producto escrito acompañado de dibujos explicativos, teniendo en cuenta la metodología la predicción, la observación y la explicación (POE). Al final de cada fase, se realizó

un corte de acuerdo con el MDC para identificar la progresión de los modelos: en el primero se conocieron de manera empírica los MEo, en el segundo y tercero, los modelos intermedios (MEi₁ y MEi₂) y en el cuarto, los modelos alcanzados por los alumnos (MEA).

Es importante resaltar que dado que el fenómeno a modelizar -los terremotos-, está presente continuamente en todo el mundo, esta Estrategia se enmarca en un contexto real y 'cotidiano'. En el Esquema 4, se puede observar la estructura de la Secuencia Didáctica desde el Mapa de Diseño Curricular del MCEA sobre el origen de los terremotos, en la que se explicitan los momentos, fases y modelos a construir y que orienta las actividades propias de la SD, de lo simple a lo complejo y de lo concreto a lo abstracto.

Esquema 4. Estructura de la Secuencia Didáctica desde el MDC del MCEA-TP



Fuente: elaboración propia.

En el diseño se tuvo en cuenta que siempre se realizaran actividades individuales grupales -cooperativas- y de plenaria; siendo 11 el total de actividades realizadas, en 8 sesiones de dos horas c/u, como se muestra en la Estructura General de la SD (ver Tabla 13), el detalle de cada fase y actividad se puede consultar en el Anexo 5.

Tabla 13. Estructura General de la SD para modelizar el fenómeno de los terremotos

Momentos	Fase	Criterios prácticos	Nombre de la actividad	Modalidad de trabajo	Producto	Sesión	
Inicio	Exploración	Identificar los modelos sobre el fenómeno de terremotos	Actividad 1. Armado de un rompecabezas	Equipo Plenaria Individual	Construcción del rompecabezas ver Anexo 6	2	
			Actividad 2. Aplicación del cuestionario		Cuestionario ver Anexo 7		
Desarrollo	Introducción de nuevos puntos de vista s ideas	Introducción de nuevas ideas Para que evolucione sus modelos que tiene del fenómeno	Actividad 3. Lectura “Una corteza quebradiza”	Individual Equipo plenaria	Palabras claves	2	
			Actividad 4. Experimento “La cáscara de la Tierra”		POE Ver Anexo 8		
			Actividad 5. Experimento “El huevo flotante”		Dibujo – explicación	2	
			Actividad 6. Comparando grosores “Las tablas de madera”		POE		
	Estructuración de conceptos			Actividad 7. Lectura “Los continentes un gran rompecabezas”		Dibujo – explicación Anexo 9	
				Actividad 8 Experimento “Frotando rocas”		Dibujo – explicación Anexo 10	
Actividad 9. Lectura “Sacude sismo de 8 grados Richter a Chile”							

			www.elperiodicodeutah.com		Dibujo – explicación Anexo 11	
Cierre	Aplicación y generalización	Ampliar y generalizar el fenómeno con otros fenómenos	Actividad 10. Video “Sismo en México”	Individual Equipo Plenaria	POE Dibujo- Explica Anexo 12	2
			Actividad 11. Construcción de maquetas para explicar lo que origino el sismo en México en abril de 2014.		Maqueta	

Fuente: elaboración propia

CAPÍTULO 6

PROGRESIÓN DE LOS MODELOS EXPLICATIVOS DEL ALUMNADO SOBRE EL ORIGEN DE LOS TERREMOTOS

Los terremotos han formado parte de la historia de la humanidad desde siempre, saber que se producen es un conocimiento ordinario; saber por qué se producen requiere explicaciones basadas en el conocimiento científico (Duschl, 1997:89).

En este capítulo se presenta el análisis de datos obtenidos, a partir de las actividades realizadas por el estudiantado durante la aplicación de la SD. Tal y como ya se ha mencionado en el capítulo 3, el análisis de los resultados es un estudio de casos múltiple integrado -cuatro casos en un mismo contexto- (Yin, 1994); los casos son los equipos con los mismos integrantes a lo largo de la SD. En primer lugar, se explica la forma de análisis e interpretación de la información obtenida, con una intención clara de ver la progresión de los modelos de los estudiantes.

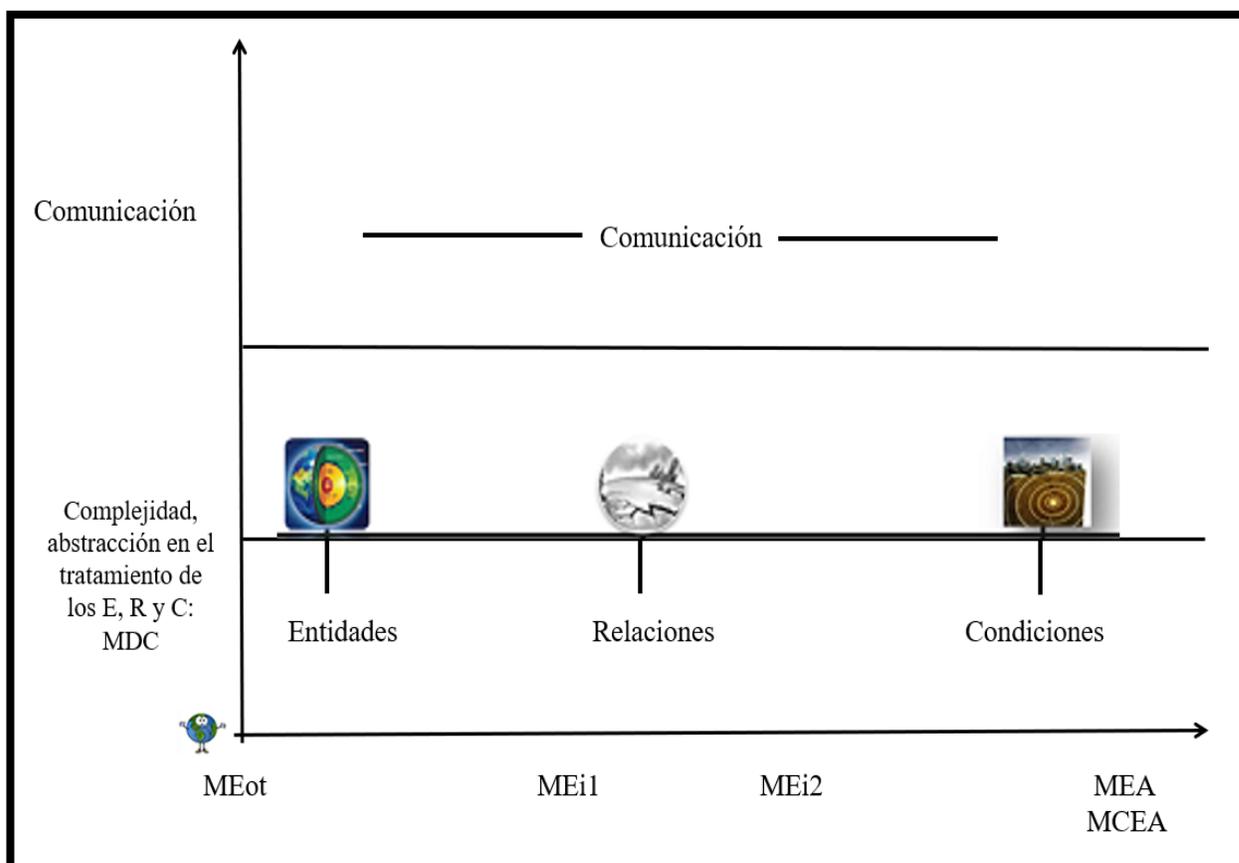
6.1 Ruta metodológica para el análisis de los resultados

La metodología seguida, así como el análisis de los resultados es cualitativa como intento de vislumbrar el fenómeno desde el interior, por tanto, lo que se ha de comprender es la posibilidad de analizar la progresión de los Modelos Explicativos del alumnado, teniendo como hipótesis directriz el MCEA-TP. El proceso de modelización se interpretó a partir de la progresión de los modelos, desde dos ejes de análisis (ver Esquema 5) ya mencionados: *'complejidad y abstracción'* en la incorporación de los elementos -entidades, relaciones y condiciones- del MCEA-TP al ME del estudiantado y la *'comunicación'*, específicamente a la negociación de significados.

Para el análisis, construimos una herramienta llamada *'semáforo'* que en este trabajo tiene una doble función, que nos permite identificar de manera cualitativa y análoga, a lo largo de las diferentes fases de la SD, si se incorporan a los ME del alumnado, los elementos del MCEA-TP, tal como se espera y si hay progresión en la negociación de significados. En el *'semáforo'*, se señala con verde si se presenta lo esperado, en amarillo si está en duda o incorporado parcialmente y en rojo, si no logra incorporarse. En el caso del eje de comunicación fue marcando en verde la

habilidad cognitivo lingüística (HCL) de la cual había clara evidencia y en amarillo la que se presentaba parcialmente, por lo que en este caso el rojo no aparece.

Esquema 5. Ejes de análisis



Fuente: elaboración propia.

6.2 Modelos Explicativos a lo largo de la implementación de la SD

El análisis de datos obtenidos de las actividades aplicadas durante la SD al estudiantado de cuarto grado de primaria, se analizan con base a las fases de la SD estructurada en el MDC del MCEA-TP con la finalidad de inferir la progresión de los ME, teniendo en cuenta los cortes de cada fase, tal como se observa en el Esquema 6.

Como ya se ha mencionado el análisis de datos fue un estudio de casos, dado que nos permitió situarnos en un contexto en la que se mantuvieron cuatro equipos con los mismos estudiantes durante la aplicación de la SD.

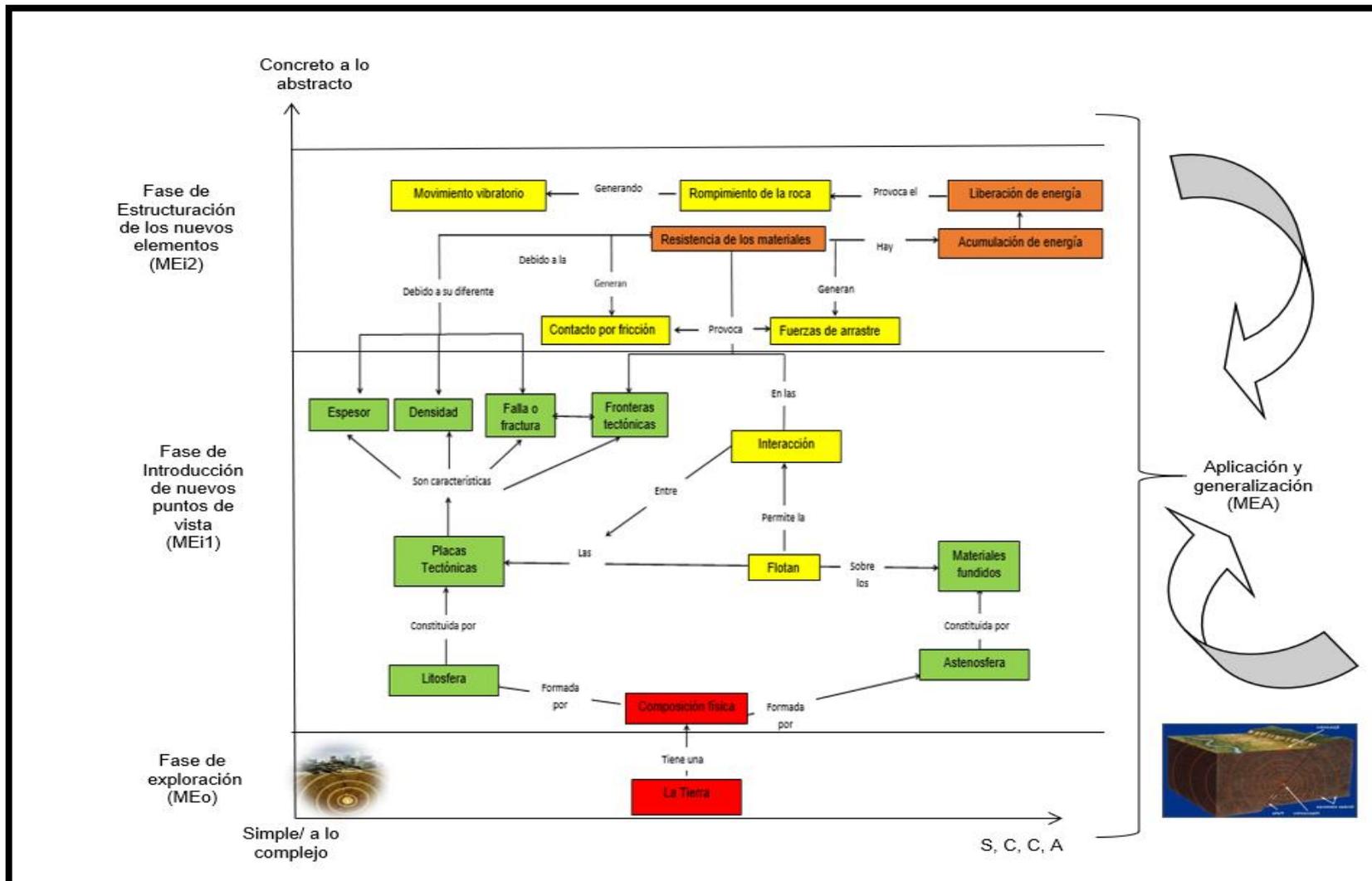
6.2.1 Modelo Explicativo Inicial (MEot): Fase de Exploración

El análisis de los datos fue a partir de los productos obtenidos en la fase de exploración, que evocan a las explicaciones iniciales o representaciones que tienen los estudiantes de cuarto de primaria acerca del origen de los terremotos.

De acuerdo a las actividades planteadas en el momento de Inicio de la SD que correspondían a la fase de exploración, permitieron situar a los estudiantes en el fenómeno del origen de los terremotos, en esta actividad armaron un rompecabezas que representó un terremoto en diferentes lugares de la Tierra, posteriormente contestaron un cuestionario de preguntas abiertas que evocaba a representar de manera gráfica el fenómeno del origen de los terremotos; tales datos se agruparon siguiendo el orden de las preguntas del instrumento de exploración que formaron cada equipo para identificar e inferir los Modelos Explicativos Iniciales (MEo) de los equipos

A continuación, presentamos el análisis de los datos obtenidos de la aplicación de cuestionario en la cual se analizan los datos para inferir su Modelo Explicativo Inicial (MEo).

Esquema 6. Cortes por fases para el análisis de datos



Fuente: elaboración propia.

Las dos primeras preguntas del instrumento de exploración tienen como objetivo que el estudiante explique el origen de los terremotos a partir de sus modelos comunes de pensamiento. En la Tabla 14 se agrupan los datos obtenidos de las preguntas 1 y 2, que corresponde a los datos individuales de los integrantes de cada equipo.

Preguntas:

1. Describe lo que piensas que es lo que causa un terremoto
2. Mediante un dibujo representa cómo se origina un terremoto

Tabla 14. Agrupación de los datos de las preguntas 1 y 2

Equipo	Exploración del MEO (respuestas individuales)
1	<ul style="list-style-type: none"> • A veces los temblores se causan por las olas de mar • Un movimiento de Tierra y un volcán • Un volcán • Hace destrucción por las capas tectónicas • Un terremoto se causa por un meteorito se mueve la Tierra y hace erupción el volcán y se mueve la tierra y ocasiona un terremoto derrumbando la casa
2	<ul style="list-style-type: none"> • Explosiones de volcanes y la Tierra se mueve • El volcán explota • La explosión del volcán y el temblor del volcán • Se acomoda la Tierra • Acomodación de la Tierra • Erupción volcánica y ocasiona que se mueva la Tierra hacen un temblor; hace que las placas se mueven de diferentes formas, ejemplo de cruz, de un lado a otro, etc.
3	<ul style="list-style-type: none"> • El volcán explota y es el que causa un terremoto • Un terremoto causa tormentas y los árboles se mueven y la Tierra • Un terremoto se origina por un alto nivel de agua y por la explotación de un volcán • La Tierra se desnivela y eso causa escombros • La Tierra se desnivela y produce que todo se mueva • Lluve muy fuerte • Por la explosión de un volcán
4	<ul style="list-style-type: none"> • Se sacude el suelo por fuerzas profundas. • Se mueve la Tierra • El volcán y el tornado • La explosión de un volcán

Fuente: elaboración propia

Dando seguimiento a los datos obtenidos del Instrumento de exploración con respecto a la pregunta 3, el objetivo implica que los estudiantes expliquen cómo imaginan que es el Interior de la Tierra, considerando que los dibujos individuales

tenían rasgos comunes, solo se presenta una síntesis de manera general de los dibujos por equipo (Tabla 15).

Tabla 15. Dibuja cómo imaginas la Tierra por dentro (pregunta 3)

Equipo	Dibujo
1	Muestran un modelo biológico (gusanos, lombrices, pasto, etc.) tiene piedras grandes por dentro
2	Reconocen una parte sólida, integran un modelo biológico (gusanos, pasto, lombrices)
3	Reconocen piedras, agua, tierra, integran un modelo biológico (gusanos, pasto), lava y pasto.
4	Muestran pasto, Tierra, basura, piedras

Fuente: elaboración propia

Dado que el propósito de las preguntas cuatro y cinco (dibujo), era que los alumnos explicaran los procesos internos de la Tierra cuando sucede un terremoto, los enunciados agrupados corresponden a las respuestas de los estudiantes de manera individual que en algunos casos son repetitivas en los equipos (Tabla 16).

Tabla 16. Preguntas 4 y 5. Describe y dibuja lo que piensas que ocurre debajo de la superficie de la Tierra en el momento en el que hay un terremoto

Equipo	Ideas de alumnado
1	<ul style="list-style-type: none"> • Se mueve la Tierra • Hay un remolino • Choca una placa contra otra • Se acomoda
2	<ul style="list-style-type: none"> • Se mueve la Tierra y se agita • Hay un movimiento en la Tierra es cuando se acomoda • La tierra vibra y se menea por el movimiento queda vueltas la Tierra
3	<ul style="list-style-type: none"> • Se acomoda la Tierra • Se mueve, choca la Tierra, se desnivela • Las piedras se mueven debajo de la Tierra
4	<ul style="list-style-type: none"> • Se mueve la Tierra para adentro • Se acomoda • Se mueve y se parte en cachos • Se mueven las placas tectónicas

Fuente: elaboración propia.

Al realizar la agrupación de datos se identificó que comparten ideas comunes acerca de lo que ocurre cuando sucede un terremoto; las ideas comunes y más representativas de los cuatro equipos se muestran en la Tabla 17.

Tabla 17. Ideas comunes en los cuatro equipos acerca del fenómeno el origen de los terremotos para las 5 preguntas

Preguntas	Ideas comunes de los cuatro equipos
Pregunta 1	<ul style="list-style-type: none"> • Explosiones de volcanes y la Tierra se mueve • El volcán explota • La explosión del volcán y el temblor del volcán • Se acomoda la Tierra • Acomodación de la Tierra • Erupción volcánica y ocasiona que se mueva la Tierra hacen un temblor; hace que las placas se mueven de diferentes formas, ejemplo de cruz, de un lado a otro, etc.
Pregunta 2	<ul style="list-style-type: none"> • En sus dibujos representan el movimiento de la tierra y la explosión de un volcán
Pregunta 3	<ul style="list-style-type: none"> • Reconocen una parte sólida, integran un modelo biológico (gusanos, pasto, lombrices)
Pregunta 4	<ul style="list-style-type: none"> • Se mueve la Tierra y se agita • Hay un movimiento en la Tierra es cuando se acomoda • La tierra vibra y se menea por el movimiento queda vueltas la Tierra
Pregunta 5	<ul style="list-style-type: none"> • Los dibujos representan tierra, piedras, agua, separación entre elementos, gusanos y raíces de arboles

Fuente: elaboración propia.

A partir de los datos obtenidos durante la fase de exploración, pudimos obtener las entidades, relaciones y condiciones de los cuatro equipos que presentan con mayor frecuencia en la Tabla 18.

Tabla 18. Entidades, relaciones y condiciones que comparten los cuatro equipos

EQUIPOS	Entidades	Relaciones	Condiciones
1	Tierra Piedras	Acomodación Agitación	Erupción volcánica Remolino
2	Tierra	Acomodación (movimiento) Rompimiento de la roca	Erupción volcánica
3	Tierra Piedras	Acomodación Agitación	Erupción volcánica Remolino
4	Tierra Piedras	Acomodación Desnivele Choque Se parten las rocas	Erupción volcánica

Fuente: elaboración propia.

Al agrupar los datos por Equipo fue evidente que comparten datos de la misma naturaleza entre los miembros de cada equipo, a continuación, se presentan los elementos en común que se presentan en todos los equipos, considerando que las entidades, relaciones y condiciones dan cuenta de que los estudiantes relacionan el origen de los terremotos con las erupciones volcánicas (ver Tabla 19).

Tabla 19. Modelo Explicativo Inicial (MEo) a partir de la aplicación de SD

Entidades	Relaciones	Condiciones
Tierra Piedras	Acomodación (movimiento) Rompimiento de la roca Agitación Choque Se parten las rocas	Erupción volcánica

Fuente: elaboración propia.

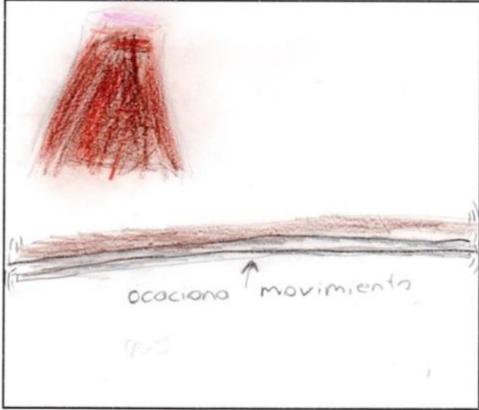
De acuerdo con Mejías y Morcillo (2006), el Modelo Explicativo Inicial (MEo) de los equipos corresponde a un modelo internalista (Aristotélico) junto con una condición que se refiere a la erupción volcánica y que la literatura sobre las explicaciones del alumnado, no reporta de manera conjunta como parte del origen de los terremotos. Pero en este caso las representaciones de los estudiantes de cuarto de primaria si aluden a la condición de las erupciones volcánicas, para que se presenten los terremotos, tal y como se observa en la representación de uno de los estudiantes (ver Constructo 1).

Constructo 1. Modelo Explicativo Inicial (MEo) a partir de la aplicación de la SD.

1. Describe lo que piensas que es lo que causa un terremoto

es movimiento de tierra acomodación de la tierra; lo que a veces causa es cuando quiere hacer erupción un volcán ocasiona que se mueva la tierra ocasiona un temblor; hace que las placas de la tierra se muevan de diferente forma, ejemplo en cruz, de un lado a otro etc.

2. Mediante un dibujo representa como se origina un terremoto

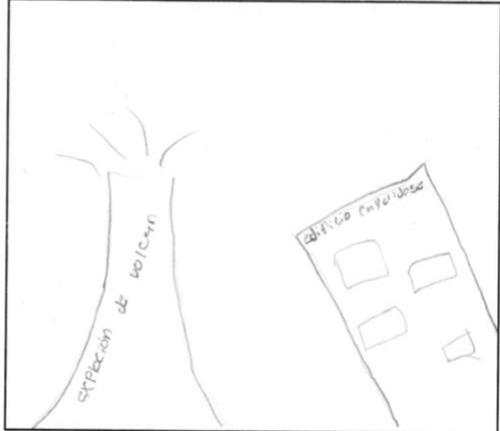


MEo del Equipo 1.

1. Describe lo que piensas que es lo que causa un terremoto

un terremoto se puede por erupción de un volcán o por un edificio que cae

2. Mediante un dibujo representa como se origina un terremoto



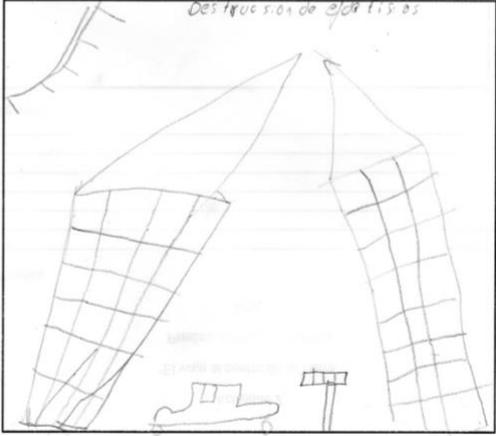
MEo del Equipo 2.

1. Describe lo que piensas que es lo que causa un terremoto

por causa de volcán o de que se eleva

2. Mediante un dibujo representa como se origina un terremoto

Después de los 11 de 2011



MEo del Equipo 3

1. Describe lo que piensas que es lo que causa un terremoto

un terremoto se causa por un meteorito se buelve la tierra y ase erupción al volcán y se buelve la tierra y ocasiona un terremoto de cuando la cae

2. Mediante un dibujo representa como se origina un terremoto



MEo del Equipo 4

6.2.1.1 Primer Semáforo: MEo en relación con el MCEA-TP

El semáforo muestra las entidades, relaciones y condiciones del MEo en relación con el MCEA-TP, que es el que tomamos como hipótesis directriz para el proceso de modelización. En este caso como se observa en la Tabla 19, en el MEo del alumnado están presentes 3 elementos del MCEA-TP: parcialmente la entidad *placas tectónicas* pues el alumnado se refiere a la *Tierra* como entidad, también parcialmente la relación *movimiento vibratorio*, pues el estudiantado reconoce el *movimiento*, aunque no identifica que sea de tipo vibratorio y, completamente la *relación rompimiento de la roca*, lo cual se puede observar en el semáforo 1.

Semáforo 1. MEo en relación con el MCEA-TP

Equipos	Entidades	Relaciones	
	Placas Tectónicas	Rompimiento de la roca	Movimiento
E1			
E2			
E3			
E4			

Fuente: elaboración propia.

Nota: en el semáforo, el color verde indica presencia completa o consolidada de un elemento del MCEA-TP, en este caso la relación 'rompimiento de la roca'; el color amarillo la presencia parcial de un elemento del modelo, en este caso la entidad 'placas tectónicas' y la relación 'movimiento'.

6.2.1.2 Comparación del MEo con el MEot

Una vez construidos los MEo del grupo muestra se comparó con el Modelo Explicativo Inicia Teórico inferido de las ideas previas sobre el origen de los terremotos inferido de la literatura (ver Cuadro 4), en términos de entidades, relaciones y condiciones del fenómeno del origen de los terremotos.

Al comparar los Modelos Explicativos (ME) Inferidos de la literatura, con respecto a los Modelos Explicativos Iniciales (MEo) en la aplicación de SD, los estudiantes del grupo muestra, no presentan el Modelo mítico – teológico dado que no mencionan que por castigo divino se provocan terremotos.

El modelo que se presenta a partir de la implementación de la SD, se inclina hacia un Modelo Internalista (Aristotélico) debido a que comparten entidades tales como: Tierra y roca; relaciones como: acomodación y rompimiento de la roca, sin embargo, la condicionen que no está reportada en la literatura es erupción volcánica; que de acuerdo a los datos analizados los estudiantes de cuarto de primaria evocan a la idea de erupción volcánica que es la que da origen al fenómeno de los terremotos.

Es necesario precisar, que la SD corresponde a un aprendizaje situacional considerando la cercanía al eje volcánico transversal; y que el volcán Popocatepetl es visible y perceptible para el grupo de estudiantes muestra, siendo un factor que determine su Modelo Explicativo Inicial acerca del fenómeno del origen de los terremotos.

Cuadro 4. Comparativo de los MEot y el MEo de los estudiantes de cuarto de primaria

Modelo Explicativo Inicial inferido de la literatura (MEot)				Comparación	Modelo Explicativo Inicial a partir de la aplicación de la SD (MEo)		
Modelo	Entidades	Relaciones	Condiciones		Entidades	Relaciones	Condiciones
Aristotelico	Tierra Roca Calor Aire Grietas	Acomodacion Estancamiento	Se parten las rocas		Tierra Piedras	Acomodación (movimiento) Rompimiento de la roca Agitación Choque Se parten las rocas	Erupciones volcánicas
Mitico-Teológico	Tierra Dios	Castigo	Enojo				

Fuente: elaboración propia.

En este cuadro 4 se muestra el comparativo del MEot inferido del análisis de la literatura del fenómeno del origen de los terremotos con respecto al MEo inferido a partir de la aplicación de la SD, observamos que comparten entidades y relaciones, pero no condiciones, al implementar la SD a los alumnos del grupo muestra surge una nueva condición “Erupciones volcánicas” que no está reportada en la literatura acerca del fenómeno del origen de los terremotos. Asumimos que las explicaciones iniciales del alumnado son situadas debido a la cercanía de la zona volcánica transversal y asociando el fenómeno del origen de los terremotos con una erupción volcánica.

6.2.2 Modelo Explicativo Intermedio uno (MEi₁): Fase de Introducción de nuevos puntos de vista.

Este segundo corte, corresponde a la fase de introducción de nuevos puntos de vista, y de acuerdo con la estructura y diseño general de la SD que se presentó en el capítulo anterior (ver tabla 13), se realizaron cuatro actividades en esta fase, a saber: la actividad 3 'Una corteza quebradiza', la actividad 4 'La cascara de la Tierra', la actividad 5 'El huevo flotante' y la actividad 6 'Las tablas de madera', las cuales tenían el propósito de que los alumnos incorporaran las entidades: Litosfera (Placas Tectónicas), Astenosfera (Materiales fundidos), flotación, densidad y espesor. Con base en el MCEA-TP jerarquizado en el MDC-TP, se muestra la progresión que se tienen después de la ejecución de las 4 actividades.

La actividad 3 '**Una corteza quebradiza**', planteaba como tarea que los estudiantes subrayaran individualmente las palabras que consideran son parte del origen de los terremotos y posteriormente consensaran las palabras en cada equipo; en este caso los resultados fueron:

E1 *"Las palabras que subrayamos son: Placas tectónicas, Litosfera, Material semifundido, Movimientos y Fallas porque pensamos que están presentes cuando ocurre un terremoto"*

E2 *"Nuestras palabras son: Placas tectónicas, Litosfera, Astenosfera, Movimientos y fractura"*

E3 *"Las palabras que subrayamos son: Placas tectónicas, Material fundido, Movimientos, Fallas y flotan"*

E4 *"Las palabras que subrayamos son: materiales fundidos, corteza terrestre y sismos"*

Los equipos presentaron en plenaria los acuerdos del ejercicio anterior, dando explicaciones verbales sobre las entidades que integraron, al respecto tenemos:

E1 *"Nosotros vivimos sobre la corteza terrestre y se mueve muy lento"*

E2 *"La litosfera tiene placas y se mueven"*

E3 *"La litosfera tiene placas tectónicas mayores y menores cuando se mueven muy rápido hay un sismo"*

E4 *"Debajo de la corteza terrestre hay materiales fundidos"*

La articulación de la actividad 3 con la actividad 4 “**La cáscara de la Tierra**”, tuvo como objetivo que los estudiantes incorporaran a su Modelo Explicativo los elementos de Litosfera (placas tectónicas) y Astenosfera (material semifundido); los cuatro equipos comparten las de entidades ejemplificando la analogía del huevo con elementos de la Estructura de la Tierra, muestra de ello tenemos las siguientes explicaciones:

E1 *“La cascara del huevo son la corteza terrestre y los pedacitos son las placas tectónicas”*

E2 *“La parte delgadita que está pegada en el huevo es la astenosfera y la cascara del huevo es la litosfera –placas tectónicas- es la parte más dura y se mueven”*

E3 *“La litosfera terrestre es el cascaron del huevo –placas tectónicas- La parte blanca y delgada es la astenosfera”*

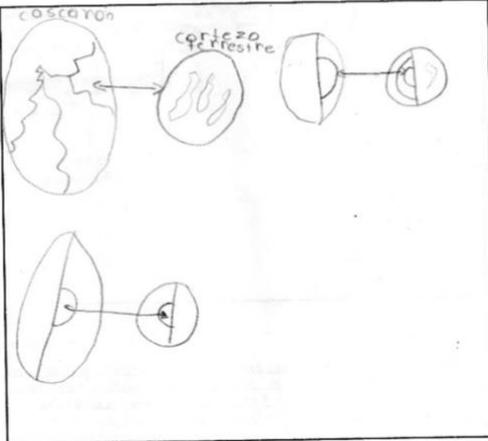
E4 *“La litosfera es la parte dura del huevo que cuando la rompemos los pedazos son las placas, pero es la litosfera”*

Las representaciones de los modelos explicativos del alumnado muestran de manera gráfica entidades, relaciones y vislumbra condiciones en sus constructos, dado que relacionan las actividades realizadas con el fenómeno del origen de los terremotos, ejemplo de ello se observa en el constructo 2.

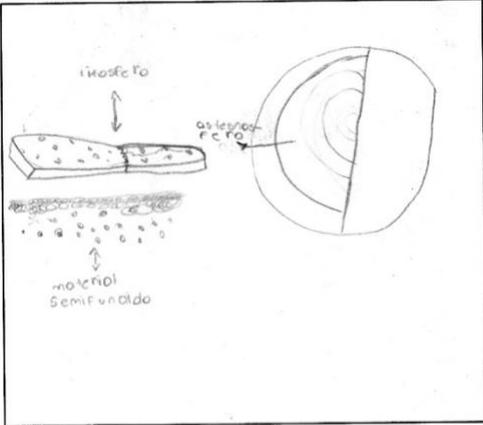
Constructo 2. Modelo Explicativo Inicial (MEi₁) a partir de la aplicación de la SD.

Explica y dibuja las partes que representa el huevo con relación a la lectura "Una corteza quebradiza".

Cocoron - corteza terrestre o litosfera
flora - manto y astenosfera
líquido - núcleo interno y externo



Representa en un dibujo la Litosfera y Astenosfera.



Describe tu dibujo

En la izquierda están las placas tectónicas y el material semifundido que compone la litosfera o corteza terrestre. En la derecha está la tierra con sus partes y entre ellas está la astenosfera y esta que está señalada con la flecha.

La ejecución de la actividad 5 **'El huevo flotante'**, que corresponde a una actividad experimental, tuvo como objetivo incorporar la entidad densidad y flotación", algunos de los consensos expresado por los equipos se presentan a continuación:

E1 "Algunos objetos que no tiene mucho peso flotan, las placas tectónicas algunas son gruesas y otras son delgadas y flotan sobre el material fundido"

E2 "El huevo flota porque está en agua salada, Las placas tectónicas flotan en los materiales fundidos es como el agua salada que hace que el huevo flote"

E3 "Flota el huevo por el agua salada hace que flote, así como las placas que flotan porque algunas son más delgadas y otras más gruesas"

E4 "El huevo flota debido a la sal, así como las placas flotan por el material fundido que hay en la astenosfera y las placas son delgadas y gruesa y que flotan como el huevo"

A lo largo de la implementación de la SD, tomamos evidencias de cada actividad que realizaban los estudiantes, la imagen 1 muestra al alumnado realizando la actividad experimental de **'El huevo flotante'**.

Imagen 1. Actividad en Equipo



Durante la realización de la actividad 6 ***‘Las tablas de madera’***, que tenía la intención de que el alumnado incorporara la entidad uvo como objetivo incorporar la etiqueta de espesor, los equipos expresaron, ideas como las siguientes:

E1. *“Las placas tectónicas son gruesas y delgas como las tablas y tiene fracturas como esas rayas de la madera”*

E2. *“Las tablas con de varios tamaños y son gruesas y delgadas y cuando hay está rota hace que se rompa más fácil”*

E3. *“las placas son como el huevo cunado se rompe unas más pequeñas y otras son más grande y que unas son más gruesas y otras son más delgadas”*

E4. *“Las tablas son pequeñas, grandes, medianas y grandes y con diferente grosor delgadas y gruesas”*

Con base en lo expresado por los equipos durante esta fase, podemos inferir el ME_{i1} de los cuatro equipos, dado que comparten entidades y relaciones (ver Tabla 20).

Tabla 20. Presencia e incorporación de las entidades relaciones y condiciones del MCEA-TP del alumnado durante el segundo corte de SD

Equipos	Entidades	Relaciones	Condiciones
E1	Corteza terrestre: Placas tectónicas Astenosfera: materiales fundidos Fractura o falla Fronteras Tectónicas Espesor	Flotación Interacción Movimiento (no está claro que sea un movimiento vibratorio)	
E2	Litosfera: Placas tectónicas Materiales fundidos Falla Fronteras tectónicas	Flotación Interacción Movimiento (no está claro que sea un movimiento vibratorio)	
E3	Placas Tectónicas Materiales fundidos Fallas o fractura Espesor	Flotación Interacción Movimiento (no está claro que sea un movimiento vibratorio)	
E4	Placas Tectónicas Materiales fundidos Falla Fronteras Tectónicas Espesor	Flotación Interacción Movimiento (no está claro que sea un movimiento vibratorio)	

Fuente: elaboración propia.

Es necesario comentar que durante la aplicación de la SD la etiqueta de “densidad” en ninguno de los equipos fue integrada en sus modelos explicativos, asumimos que la etiqueta antes mencionada no es necesaria en este momento para explicar el modelo del origen de los terremotos. Sin embargo, es necesario señalar que los equipos sugirieron nuevas entidades que no están consideradas en el MCEA-TP tal es el caso de “Temperatura y Presión”.

Por tanto, interpretamos que los cuatro equipos incorporaron entidades y relaciones a su ME en estructuración, complejidad y abstracción. En la tabla 21 se muestra el Modelo Explicativo Intermedio uno (MEi₁)

Tabla 21. Modelo Explicativo Intermedio uno (MEi₁) a partir de la SD

Entidades	Relaciones	Condiciones
Litosfera: Placas Tectónicas Astenosfera: Materiales fundidos Fractura o falla Espesor	Flotación Interacciones Movimiento (no está claro que sea un movimiento vibratorio)	

Fuente: elaboración propia

6.2.2.1 Segundo semáforo: ME_{i1} progresión en virtud de complejidad y abstracción en la incorporación de las entidades, relaciones y condiciones de MCEA-TP.

De manera gráfica podemos afirmar que la presencia de entidades, relaciones y condiciones se incorporan progresivamente en estructuración, abstracción y complejidad en la que explicaron el origen de los terremotos que de acuerdo al MDC del MCEA-TP existe progresión para alcanzar el MCEA-TP, al comparar el MDC con el semáforo 2 que representa de manera análoga ME_{i1} del grupo. Asumimos que los alumnos transitan de manera progresiva para construir su ME a alcanzar, para ello recordemos el esquema 4 representa el MDC sobre el origen de los terremotos para estudiantes de primaria en el marco de la SD.

El semáforo 2 muestra el ME_{i1} progresión en virtud de complejidad y abstracción en la incorporación de las entidades, relaciones y vislumbra condiciones del MCEA-TP, por tanto no es necesario que en este semáforo se incluya en apartado de condiciones cabe señalar que en la grabación (video) de la aplicación de las actividades de la SD los alumnos, al explicar el fenómeno del origen de los terremotos, están presentes las siguientes entidades: temperatura y presión que no se consideraron en le MCEA-TP.

Semáforo 2. ME_i en relación con el MCEA-TP

Equipos	Entidades								Relaciones	
	Litosfera	Astenosfera	Placas tectónicas	Materiales fundidos	Espesor	Densidad	Falla o fractura	Fronteras tectónicas	Flotación	Interacción
E1	Verde	Verde	Verde	Verde	Amarillo	Rojo	Verde	Verde	Verde	Verde
E2	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Amarillo	Verde	Verde	Verde	Verde
E3	Verde	Verde	Verde	Verde	Amarillo	Rojo	Verde	Amarillo	Verde	Verde
E4	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Rojo	Verde	Verde	Verde	Verde

Fuente: elaboración propia

Nota: el color verde en el semáforo muestra la progresión y consolidación de las entidades, relaciones y condiciones del MCEA-TP, el color amarillo indica la parcialidad de incorporación a su ME y el color rojo muestra la ausencia de entidades, relaciones y condiciones en su modelo explicativo de acuerdo al MDC de MCEA-TP con respecto al fenómeno del origen de los terremotos.

6.2.3 Modelo Explicativo Intermedio dos (ME_{i2}): fase de Estructuración

Durante esta corte de la SD se realizaron tres actividades con las que se pretendió que los alumnos incorporaran las entidades, relaciones y condiciones del MCEA-TP de manera progresiva como se muestra en le MDC del MCEA-TP.

El tercer corte de la SD que corresponde a la fase de estructuración, tuvo como objetivo que los estudiantes incorporaran y estructuraran a su ME, la entidad de fronteras tectónicas, la relación de interacción, fuerzas de arrastre, contacto por fricción, así como la consolidación del movimiento vibratorio y las condiciones, resistencia de los materiales, acumulación de energía y la liberación de energía, mediante las actividades 7, 8 y 9.

La actividad 7 **“Los continentes un gran rompecabezas”**, tenía la finalidad de situar a los estudiantes ante las entidades, relaciones y condiciones que están presentes en el MCEA-TP. Para ello, los estudiantes en equipo marcaron las fronteras tectónicas de las placas tectónicas, como se muestra en la imagen 2, que da cuenta del trabajo individual y por equipo del estudiantado.

Imagen 2. Trabajo del estudiantado durante la aplicación de la fase de estructuración de la SD



Con la actividad 8, **“Frotando rocas”** (frotando nuestras manos) se esperaba que los estudiantes incorporaran a su modelo explicativo nuevas entidades, relaciones y condiciones tales como: contacto por fricción, fuerzas de arrastre, acumulación de energía y resistencia de los materiales, y que con ello pudieran explicar la relación que existe entre el frotamiento de las manos con los movimientos de las placas tectónicas, así como el contacto por fricción que ejerce el movimiento constante de las placas y la energía que se acumula durante largo tiempo y que al liberarse produce un movimiento vibratorio vinculándola con la lectura de la actividad 1. A continuación se presentan algunos extractos de la conversación de los equipos:

E1 *“Se acumula y se hace energía y cuando se hace suficiente las placas tectónicas se rozan y se acumula y se libera la energía y las placas se pierden de lugar”*

E2 *“Cuando frotamos nuestras manos se acumula energía y se libera en línea recta y se rozan”*

E3 *“Se calientan si lo hacemos mucho tiempo se genera energía hacen contacto por fricción”*

E4 *“Cuando frotamos hacen contacto por fricción nuestras manos se calientan es como energía”*

Con la lectura **“Sacude sismo de 8 grados Richter a Chile”**, propuesta en la actividad 9, se pretendía que como cierre de la fase de estructuración, el estudiante se situará en un hecho que sucede permanentemente en diversos países del mundo como en México. Al momento de compartir lo trabajado, se dieron explicaciones como las siguientes:

E1 *“Las Placas Tectónicas flotan sobre material fundido lo que pensamos es que están en constante movimiento, lo que crea acumulación de energía y llega a un punto hasta donde no resiste y se libera.”*

E2 *“Que las placas tectónicas se están rozando haciendo contacto por fricción y se acumula energía y la acumulación hizo que se deslizara liberando la energía lo que provoca un sismo”.*

E3 *“Se deslizan y con eso hacen que acumule energía y se rozan cuando hacen otro movimiento bruscamente origina un terremoto, las placas mueven y se hicieron fallas en el piso”.*

E4 "Las placas tectónicas se mueven deslizándose y hace energía se acumula y cuando se rompen o se libera la energía que se acumula se origina y terremoto"

Finalmente, presentamos los constructos de los equipos en los que se muestra la incorporación de entidades, relaciones y condiciones a su MEi2 (ver constructo 3), que permite mirar la progresión en términos de complejidad y abstracción

Constructo 3. Representaciones de la incorporación de elementos, relaciones y condiciones del MEi2

Describe y explica que ocurre cuando frotamos nuestras manos.

Se acumula energía con el calor y después cuando hay contacto por fricción se libera energía y salta al separar las manos.

Representa en un dibujo la interacción de las placas tectónicas

Describe y explica que ocurre cuando frotamos nuestras manos.

Se acumula y si lo hacemos mucho tiempo se genera energía. Cuando se libera por fricción.

Representa en un dibujo la interacción de las placas tectónicas

Describe y explica que ocurre cuando frotamos nuestras manos.

cuando frotamos las manos se acumula energía y se libera en línea. Vuelven a rasar.

Representa en un dibujo la interacción de las placas tectónicas

Al analizar los datos de los producto de la puesta en marcha de la secuencia didáctica en la fase de estructuración, inferimos que los alumnos del grupo muestra progresan en su modelo explicativo intermedio dos, dado que incorporaron entidades, relaciones y condiciones con respecto al MDC del MCEA-TP tal y como se muestra en la Tabla 22.

Tabla 22. Presencia e incorporación de las entidades relaciones y condiciones del MCEA-TP del alumnado durante tercer corte de SD

Equipos	Entidades	Relaciones	Condiciones
E1	Corteza terrestre: Placas tectónicas Astenosfera: materiales fundidos Fractura o falla Fronteras Tectónicas Espesor	Flotación Interacción Fuerzas de arrastre Contacto por fricción Rompimiento de la roca Movimiento vibratorio	Resistencia de los materiales Acumulación de energía elástica Liberación de energía
E2	Litosfera: Placas tectónicas Materiales fundidos Falla Fronteras tectónicas	Flotación Interacción Fuerzas de arrastre Contacto por fricción Rompimiento de la roca Movimiento vibratorio	Acumulación de energía elástica Liberación de energía
E3	Placas Tectónicas Materiales fundidos Fallas o fractura Espesor	Flotación Interacción Fuerzas de arrastre Contacto por fricción Rompimiento de la roca Movimiento vibratorio	Acumulación de energía elástica Liberación de energía
E4	Placas Tectónicas Materiales fundidos Falla Espesor Fronteras Tectónicas	Flotación Interacción Fuerzas de arrastre Contacto por fricción Rompimiento de la roca Movimiento vibratorio	Acumulación de energía elástica Liberación de energía

Fuente: elaboración propia

Es necesario mencionar que durante la puesta en marcha de la SD la condición de 'Resistencia de los materiales', está consolidada en un solo equipo, es necesario destacar que los cuatro equipos comparte entidades, relaciones y condiciones, por tanto, asumimos que su MEi2 con respecto al MCEA-TP va progresando de acuerdo a la complejidad, abstracción y comunicación después de la aplicación de SD (ver Tabla 23).

Tabla 23. Modelo Explicativo Intermedio dos (MEi₂) a partir de la SD

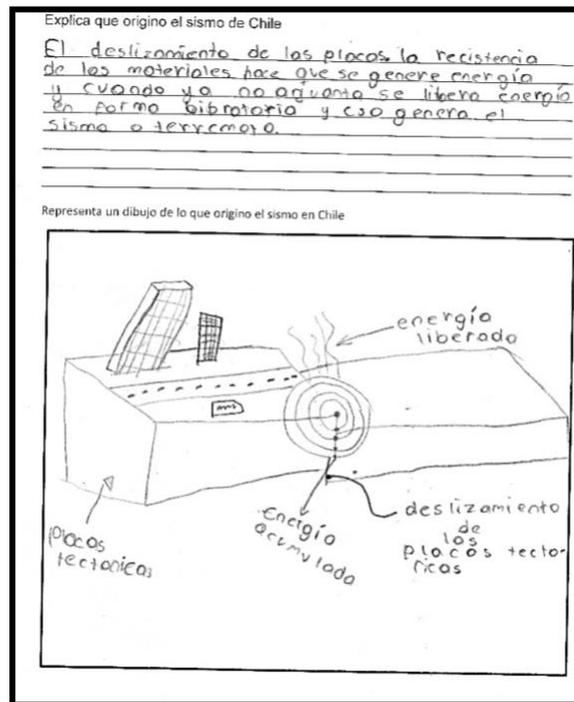
Entidades	Relaciones	Condiciones
Corteza terrestre: Placas tectónicas Astenosfera: materiales fundidos Fractura o falla Fronteras Tectónicas Espesor	Flotación Interacción Fuerzas de arrastre Contacto por fricción Rompimiento de la roca Movimiento vibratorio	Acumulación de energía elástica Liberación de energía

Fuente: elaboración propia

6.2.3.1 Tercer Semáforo: el MEi₂ en virtud de complejidad y abstracción en la incorporación de entidades, relaciones y condiciones del MCEA-TP

Los modelos de los estudiantes muestran conexión con los elementos, relaciones y condiciones para explicar el fenómeno del origen de los terremotos, finalmente tenemos un modelo estructurado en el cual conectan una situación real a su manera de ver el mundo y de esta manera progresa de un modelo Aristotélico a un modelo científico escolar (ver constructo 4).

Constructo 4. Representación de la incorporación de elementos, relaciones y condiciones del MEi₂ en (Estructuración)



Podemos asumir que la incorporación y estructuración a su ME_2 va progresando en complejidad y abstracción tal y como se observa en el semáforo 3, la entidad fronteras tectónicas parcialmente la integraron a su ME, dado que los alumnos confunden fronteras tectónicas con una fractura o falla, es preciso señalar que no hay presencia en su ME de la entidad densidad.

Semáforo 3. ME_{i2} en relación con el MCEA-TP

Equipo	Entidades								Relaciones						Condiciones		
	Litosfera	Astenosfera	Placas tectónicas	Materia-les fundidos	Espesor	Densidad	Falla o fractura	Fronteras tectónicas	Flotación	Interacción	Fuerzas de arrastre	Contacto por fricción	Rompimiento de la roca	Movimiento vibratorio	Resistencia de los materiales	Acumulación de energía	Liberación de energía
E1	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Rojo	Verde	Amarillo	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
E2	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Amarillo	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Amarillo	Verde	Verde
E3	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Rojo	Verde	Amarillo	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Amarillo	Verde	Verde
E4	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Rojo	Verde	Amarillo	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Amarillo	Verde	Verde

Fuente: elaboración propia.

Nota: el color verde en el semáforo muestra la progresión y consolidación de las entidades, relaciones y condiciones del MCEA-TP, el color amarillo indica la parcialidad de incorporación a su ME y el color rojo muestra la ausencia de entidades, relaciones y condiciones en su modelo explicativo de acuerdo al MDC de MCEA-TP con respecto al fenómeno del origen de los terremotos.

6.2.4 Modelo Explicativo Alcanzado (MEA): fase de Aplicación

Durante el desarrollo de las actividades de la SD en la fase de aplicación y generalización, se pretendió que el alumno explicará de forma oral y escrita el MCEA-TP; por tanto, es necesario señalar que durante la aplicación de la SD al momento del cierre, un sismo sacudió el centro del país, en abril del 2014; que fue perceptible en el estado de México, lugar en el que se aplicó la SD, la actividad (10) que se llevó a cabo, fue la proyección del video de **“Sismos en México”**, posibilitando la aplicación del MCEA-TP. El video buscaba que los alumnos construyeran argumentos, con base en información confiable sobre el origen de los terremotos, el ver y conversar en torno al video, dio lugar a las siguientes explicaciones:

E1 *“México está en la placa de cocos que está cerca de la falla de San Andrés, lo cual es un punto muy caliente y eso hace que se genere energía y está constantemente”*

E2 *“México está en un punto muy caliente por la placa de cocos y provocan los sismos o los terremotos por lo cual las placas se llenan de energía y cuando expulsan la energía eso hace un sismo”*

E3 *“Las placas tectónicas se están rozando haciendo contacto por fricción y se acumula energía y la acumulación hizo que se deslizara liberando energía lo que provoca un sismo México está sobre la placa de coco”*

E4 *“Las placas tectónicas se rozan con el movimiento brusco origina un terremoto, están flotando sobre material semifundido y se rozan acumulando energía y llegan a un punto en el que no pueden más y se deslizan liberando energía, en el video vemos que México está sobre la placa de cocos que tiene muchas fracturas lo que hace más frecuentes los sismos”.*

El alumnado después de la proyección del video explico y represento de manera gráfica lo que origino el sismo en el centro del país, en el constructo 4 se presenta la representación de su modelo explicativo sobre el origen de los terremotos en el cual integra los elementos, relaciones y condiciones del MCEA-TP; cabe mencionar que en las representaciones del grupo muestra presentan otros elementos: falla de San Andrés, Placa de cocos e hipocentro.

Constructo 5. Representación de la presencia de elementos, relaciones y condiciones del fenómeno del origen de los terremotos de acuerdo al MDC del MCEA-TP

Explica que sucedió dentro de la Tierra, durante el sismo que acaba de ocurrir en México

México está en la placa de cocc que esta cerca de la falla de san Andrés la cual es un punto muy caliente y eso hace que se acumule mas energía y por eso tiembola constantemente.

Dibuja lo que piensas que origino el sismo en México

Con la realización de la última actividad (11) **“Construcción de Maquetas para explicar lo que origino el sismo en México en abril de 2014”**, se esperaba que los alumnos explicaran que origino el sismo, usando el ME construido a lo largo de la SD, a partir de las entidades, relaciones y condiciones incorporadas durante todas las sesiones. Durante la plenaria, al compartir y explicar sus maquetas (constructo 6), los equipos mencionaron ideas como las siguientes:

E1 *“Las capas de la Tierra provoca que se mueva y este caliente, placas tectónicas tiene fallas o fracturas que son como grietas y flotan sobre los materiales fundidos y eso hace que se muevan las placas, se acumula la energía en un punto caliente las placas se deslizan de un lado a otro”*

E2 *“Las placas tectónicas interactúan cuando hay una falla entre ellas y que siempre están en movimiento que nosotros a veces no sentimos los movimientos que las placas realizan sobre los materiales fundidos que están debajo de ellas, las placas son de diferente tamaño unas son más gruesa y delgas, tienen fracturas que hace que se rompa más rápido la placa”*

E3 *“Las placas tectónicas se están rozando haciendo contacto por fricción y se acumula energía y la acumulación hizo que se deslizaran las placas liberando energía lo que provoca un sismo México está sobre la placa de coco, en la placa en la que vivimos hay fracturas y esta sobre un punto caliente provocando terremotos”*

E4 *“Las capas de la Tierra está formada por la Litosfera que son las placas tectónicas se rozan con el movimiento brusco origina un terremoto, están flotando sobre material semifundido y se rozan acumulando energía y llegan a un punto en el que no pueden más y se deslizan liberando energía, en el video vemos que México está sobre la placa de cocos que tiene muchas fracturas lo que hace más frecuentes los sismos, al punto caliente se le llama hipocentro”*

Constructo 6. Maquetas para representación para explicar el origen de los terremotos



Durante la aplicación de las dos actividades los alumnos van vislumbrando los MEA, muy cercano al MCEA-TP, aunque no incorporan en ningún momento la entidad de densidad y parcialmente la de fronteras tectónicas, al igual la condición de resistencia de los materiales; y considerando que el fenómeno es relevante, actual y contextual debido a que México es un país en constantes movimientos telúricos, los alumnos logran alcanzar parcialmente el MCEA-TP dado que es un fenómeno situado; los alumnos están más familiarizados con medidas de prevención que con el saber que origina un terremoto.

6.2.4.1 Cuarto Semáforo: el MEA en virtud de complejidad y abstracción en la incorporación de entidades, relaciones y condiciones del MCEA-TP

En el semáforo 4, se presenta el Modelo Explicativo Alcanzado MEA por el alumnado, en términos de complejidad y abstracción en la incorporación de entidades, relaciones y condiciones, al concluir la aplicación de la SD y con base en lo trabajado podemos decir que, en las explicaciones y representaciones están presentes las entidades, relaciones y condiciones del MCEA-TP, al observar el semáforo 4 se puede ver la progresión del MCEA-TP en complejidad y abstracción; así como las habilidades cognitivo lingüísticas, en la negociación de significados, dado que progresan en sus modelos explicativos. Si bien, el alumnado no integra a su ME la entidad de densidad y parcialmente logra incorporar fronteras tectónicas y resistencia de los materiales; tal y como se observa en la última columna de entidades y condiciones del semáforo.

Cabe señalar que, durante la aplicación de las actividades en la fase de estructuración, de aplicación y generalización los estudiantes muestran en sus representaciones y explicaciones entidades tales como: Punto caliente (hipocentro), Placa de cocos y la Falla de san Andrés, que no se consideraron para explicar el fenómeno de los terremotos a partir del MCEA-TP, sin embargo, vislumbra que partir del MEA del MCEA se explican otros fenómenos a partir del gran modelo de TP.

Con los resultados obtenidos durante el desarrollo de las actividades de la fase de aplicación, podemos identificar que efectivamente los estudiantes logran estructurar su modelo explicativo con entidades, relaciones y condiciones que se incorporaron a lo largo de la SD, pudiendo explicar el fenómeno del origen de los terremotos con mayor complejidad y abstracción que al principio

Semáforo 4. MEA en relación con el MCEA-TP

Equipo	Entidades								Relaciones						Condiciones		
	Litosfera	Astenosfera	Placas tectónicas	Materiales fundidos	Espesor	Densidad	Falla o fractura	Fronteras tectónicas	Flotación	Interacción	Fuerzas de arrastre	Contacto por fricción	Rompimiento de la roca	Movimiento vibratorio	Resistencia de los materiales	Acumulación de energía	Liberación de energía
E1	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Rojo	Verde	Amarillo	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
E2	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Amarillo	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Amarillo	Verde	Verde
E3	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Rojo	Verde	Amarillo	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Amarillo	Verde	Verde
E4	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Rojo	Verde	Amarillo	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Amarillo	Verde	Verde

Fuente: elaboración propia

Nota: el color verde en el semáforo muestra la progresión y consolidación de las entidades, relaciones y condiciones del MCEA-TP, el color amarillo indica la parcialidad de incorporación a su ME y el color rojo muestra la ausencia de entidades, relaciones y condiciones en su modelo explicativo de acuerdo al MDC de MCEA-TP con respecto al fenómeno del origen de los terremotos.

6.3 Comunicación –negociación de significados-

Para identificar la progresión en la negociación de significados a lo largo de la SD, asumimos que las HCL están presentes en las interacciones comunicativas de los alumnos, durante la realización de las actividades en la que intervinieron a lo largo de la SD, las cuales implicaban tres formas de trabajo: individual, equipo y plenaria.

Es necesario mencionar que durante la fase de exploración están presentes las HCL desde sus propias ideas del origen de los terremotos, debido a que describen, explican, proponen y argumentan, a partir de sus ideas previas acerca del fenómeno del origen de los terremotos. Para efectos de esta tesis no lo mostramos en el semáforo de las HCL dado que estas se consideraron para inferir el MEo mas no en términos de progresión.

Habilidades Cognitivo Lingüística –Describir-

Los estudiantes durante la ejecución en las diferentes fases de SD, describieron el fenómeno del origen de los terremotos identificando aquello que es relevante para explicar los hechos. A continuación, presentamos algunos ejemplos de HCL:

E1 *“Las placas tiene diferente grosor o espesor”*

E2 *“Las placas son rígidas y se rompen con el calor”*

E3 *“Hay un movimiento en la Tierra cuando se rompe la roca”*

E4 *“Los materiales calientes están debajo de las placas”*

Habilidades Cognitivo Lingüística –Explicar-

La intervención de los estudiantes para explicar el fenómeno de estudio realizaron maquetas, esquemas, experimentos, le permitieron conectar entidades, relaciones y condiciones para poder comunicar el fenómeno del origen de los terremotos. Ejemplo de ello, tenemos:

E1 *“Las placas son de diferentes tamaños pequeñas y grande, las placas delgadas se rompen con facilidad, flotan sobre material fundido”*

E2 *“Unas placas son más gruesas y otras son más delgadas y por eso se rompen con facilidad, tiene fallas y estas se deslizan”*

E3 *“Cuando hay una grieta en la Placa Tectónica es más fácil que ese rompa y son gruesas y delgadas”*

E4 *“Con el calor de los materiales fundidos a altas temperaturas hace que se rompa la roca”*

Habilidades Cognitivo Lingüística –Proponer-

Durante la aplicación de SD, los estudiantes que formaban cada equipo propusieron alternativas para corroborar su ME del origen de los terremotos, prueba de ello:

E1 *“Entonces calentemos una piedra para ver si se rompe la roca”*

E2 *“Frotemos las manos hasta que se calienten y esto hará que las separemos”*

E3 *“Coloquemos dos cajas sobre canicas y de esa forma se mueven las placas tectónicas”*

E4 *“Busquemos una piedra que tenga una grieta, la calentamos y eso hará que se rompa con mayor facilidad”*

Habilidades Cognitivo Lingüística -Argumentar-

Asumimos que los alumnos de cuarto de primaria utilizan el MCEA-TP para formular argumentos sobre el fenómeno del origen de los terremotos, utilizando ilustraciones, maquetas, esquemas en la cual presentan entidades, relaciones y condiciones propias del modelo de MCEA-TP. Prueba de ellos son:

E1 *“Las placas se deslizan sobre los materiales fundidos que están a altas temperaturas y esto provoca que siempre se estén moviendo”*

E2 *“Las placas flotan sobre la astenosfera, se deslizan provocando que la grieta que a veces tienen se vaya abriendo poco a poquito, las placas siempre se están moviendo y es cuando hay un movimiento brusco en el suelo”*

E3 *“Las placas se mueven todo el tiempo y a veces no lo sentimos y de tanto que se deslizan en el material fundido provocan movimiento que se muevan las placas”*

E4 *“La flotación de la litosfera en los materiales calientes de la astenosfera hace que se mueva y que haya presión y las placas se fracturan”*

6.3.1 Quinto semáforo: Habilidades Cognitivo Lingüísticas

De acuerdo al eje de análisis de comunicación –negociación de significados– podemos asumir que las HCL progresan debido a que incorporan entidades relaciones y condiciones a su ME, es necesario señalar que algunos datos de sus explicaciones pueden considerarse como erróneas, para efectos de esta tesis rescatamos lo que da progreso al ME en términos de progresión.

Semáforo 5. HCL en los ME del alumnado a lo largo de la SD

Comunicación	MEo	MEi₁	MEi₂	MEA
Describir				
Explicar				
Proponer				
Argumentar				

Fuente: elaboración propia

6.4 A manera de síntesis

Con base en los resultados obtenidos a lo largo de la implementación de la SD y tomando como referencia los primeros cuatro semáforos, en el semáforo 6 podemos observar cómo mediante el proceso de modelización se van incorporando de manera paulatina las entidades, relaciones y condiciones del MCEA-TP, dando evidencia de la progresión de los modelos explicativos sobre el fenómeno de los terremotos hacia un modelo científico escolar de Tectónicas de Placas. Y de manera simultánea, los modelos explicativos del alumnado se van potencializando en términos de comunicación, como se puede observar en el semáforo 5.

La progresión de los modelos conlleva a un alejamiento del MEo, en este sentido cabe señalar como en el Modelo Explicativo Alcanzado, ninguno de los cuatro equipos incluyó la erupción volcánica para explicar los terremotos, a diferencia de los MEo al inicio de la SD en la fase de Exploración.

Semáforo 6. Presencia e incorporación de las entidades, relaciones y condiciones del MCEA-TP al ME del alumnado a lo largo de la SD

Entidades	Meo	MEi ₁	MEi ₂	MEA
Litosfera (Placas Tectónicas)				
Espesor				
Densidad				
Fractura o falla				
Frontera tectónica				
Astenosfera (Materiales fundidos)				

Relaciones	Meo	MEi ₁	MEi ₂	MEA
Flotación				
Interacción				
Fuerzas de arrastre				
Contacto por fricción				
Rompimiento de la roca				
Movimientos vibratorios				

Condiciones	Meo	MEi ₁	MEi ₂	MEA
Resistencia de los materiales				
Acumulación de la energía elástica				
Liberación de energía				

Fuente: elaboración propia

Nota: el color verde en el semáforo muestra la progresión y consolidación de las entidades, relaciones y condiciones del MCEA-TP, el color amarillo indica la parcialidad de incorporación a su ME y el color rojo muestra la ausencia de entidades, relaciones y condiciones en su modelo explicativo de acuerdo al MDC de MCEA-TP con respecto al fenómeno del origen de los terremotos.

CAPÍTULO 7 CONCLUSIONES

Con base en el supuesto de investigación expresado en el primer capítulo, se plantearon dos objetivos para la realización de este trabajo, a saber:

- ❖ Identificar los modelos explicativos de los alumnos sobre el fenómeno de los terremotos, en diferentes momentos de la implementación de una SD, diseñada desde la perspectiva de la modelización.
- ❖ Analizar si existe progresión en los modelos explicativos de los alumnos sobre el fenómeno de los terremotos, producto de la implementación de la SD.

Por lo tanto, en este apartado se presentan inicialmente las conclusiones en virtud del logro de los dos objetivos de investigación, posteriormente en relación con la potencialidad de la comunicación enmarcada en la negociación de significados y finalmente, se presenta una reflexión respecto a la realización de esta investigación, a partir de una intervención en el aula, en un contexto real de clase en la educación primaria.

A. En virtud de los objetivos propuestos

Respecto al primer objetivo: se logró “visibilizar” el modelo o los modelos explicativos del alumnado respecto al fenómeno de los terremotos, de manera gradual, mediante diferentes formas de representación –dibujo, escritura, maquetas, discurso-, es decir de manera multimodal (Gómez Galindo, 2011) y progresiva, a partir de la revisión de los modelos mismos. Y para cada uno de los tres momentos de la SD, tenemos:

- ❖ **Inicio:** mediante las actividades diseñadas e implementadas durante dos sesiones en la fase de Exploración de Ideas previas pudimos conocer las ideas de partida de los alumnos acerca del origen de los terremotos encontrando que

no presentan un Modelo de Inicial mítico-teológico, sino un Modelo Internalista, y que la condición para el origen de los terremotos son erupciones volcánicas lo cual no está reportado en la literatura, en este sentido, Mejías y Morcillo (2006) afirman que un modelo internalista está basado en creencias aristotélicas, por tanto los estudiantes aseveraron que la Tierra se acomoda y se rompe la roca, producto de una erupción volcánica y de esta forma se originara un terremoto.

- ❖ **Desarrollo:** con el diseño y ejecución de las actividades en la fase de Introducción de nuevos puntos de vista (1) y de estructuración de los nuevos elementos (2) se logró incorporar elementos y relaciones ausentes en su modelo Inicial y progresaron a un modelo intermedio uno, vislumbrando condiciones. Con la lectura una Corteza quebradiza y de la actividad de la cascara de la Tierra, consiguieron establecer la relación de las placas tectónicas con la Astenosfera (materiales fundidos), la actividad de huevo flotante y comparando grosores los estudiantes se acercan a explicaciones científicas escolares incorporando la relación de flotación, fractura, fronteras tectónicas, sin embargo los alumnos del grupo muestra en su modelo explicativo uno construido no integran el elemento de densidad, por tanto asumimos que para explicar el origen de los terremotos en este momento no es necesario.

La realización y puesta en práctica las actividades en la fase de Estructuración (2), los estudiantes consolidaron elementos, relaciones y condicione, al realizar los constructos de cada actividad en la cual están presentes la resistencia de los materiales, acumulación de energía, liberación de energía y movimiento vibratorio, lo cual indica que el modelo intermedio dos, progreso en complejidad y abstracción, al comunicar el origen de los terremotos.

Cabe señalar que el diseño y ejecución de una secuencia didáctica en contextos situados potencializa la conexión de los elementos, relaciones y condiciones del Modelo Científico Escolar de Arribo, considerando que es en esta fase que

el Modelo Intermedio dos es el Modelo estructura dado que es la conexión del fenómeno con los hechos que ocurren en con frecuencia en el mundo.

- ❖ **Cierre.** El diseño y la implementación de las actividades de la fase de aplicación y generalización contribuyeron a la potencialidad explicativa que los estudiantes tiene del fenómeno del origen de los terremotos, representando por medio de maquetas y dibujos, mostrando y explicando con argumentos sólidos la articulación de los elementos, relaciones y condiciones del Modelo Alcanzado con respecto al Modelo Científico de Arribo, el hecho que en el momento de aplicación se presentara un sismo en Chile y una semana después ocurriera en México, y que este fuera perceptible en el Estado de México contribuyo a la complejidad y abstracción y comunicación del fenómeno.

Respecto al segundo objetivo, las conclusiones se presentan en virtud de la relación entre la teoría y los datos, es decir, a la relación entre el diseño de la secuencia didáctica (estructura y tipo de actividades) y la progresión de los modelos explicativos del alumnado.

- ❖ **El tipo de actividades:** de apertura posibilitaron recuperar las explicaciones intuitivas de los alumnos e inferir el modelo Explicativo Inicial durante la ejecución de la SD, que como ya se ha mencionado asumimos que es un modelo Internalista con la condición de erupción volcánica considerando y la aplicación se llevó acabo en la región de los volcanes del Estado de México. Las actividades de desarrollo permitieron la incorporación y la conexión entre elementos, relaciones y condiciones del MCEA-TP del origen de los terremotos progresando en complejidad y abstracción, las actividades de cierra posibilitaron la vinculación entre el MCEA-TP con el fenómeno en contextos situados, logrando un Modelo Científico Alcanzado muy cercano al que se estableció como hipótesis directriz para el aprendizaje.

- ❖ **La trascendencia del trabajo individual, en equipo y en plenarias:** el diseño de la SD planteo tres formas de trabajo que fueron fundamentales durante la implementación de las actividades dado que durante toda aplicación de la secuencia didáctica se mantuvieron los cuatro equipos de siete alumnos, pues se consideró que esta forma de trabajo posibilitaba la interacción comunicativa entre los integrantes logrando que construyeran y reconstruyeran sus Modelos Explicativos acerca del origen de los terremotos en equipo y plenaria, favoreciendo las interacciones comunicativas en la negociación de significados, muestra de ello son los acuerdos de los equipos con respecto a la importancia e incorporación de entidades, relaciones y condiciones del MCEA-TP del fenómeno del origen de los terremotos expresando lo siguiente:

E1. “Nosotros vivimos sobre la corteza terrestre y se mueve muy lento”

E2. “La litosfera tiene placas y se mueven”

E3. “La litosfera tiene placas tectónicas mayores y menores cuando se mueven muy rápido hay un sismo”

E4. “Debajo de la corteza terrestre hay materiales fundidos

La implementación de la SD se enfatizó en las situaciones que permitieron a los estudiantes integrar nuevos elementos a su modelo explicativo, las actividades realizadas como ya se ha mencionado se trabajaron de forma individual en la que los estudiantes construyeron sus modelos explicativos y compartieron en equipo los elementos, lo que permitió que entre ellos discutieran con argumentos sólidos el origen de los terremotos, ejemplo de ello es la construcción de las maquetas en la que los estudiantes integraban elementos y explicaban sus constructos posibilitando la solidez de su modelo explicativo más robustos.

Por tanto, concluimos que las actividades enmarcadas en el trabajo en equipo y plenaria en la modelización contribuyen a la progresión de los modelos explicativos de los alumnos además de fortalecer los modelos que de alguna manera les falta a los otros elementos. por ejemplo en el dibujo en el cual representan el sismo ocurrió en Chile integrar el MCEA-TP del origen de los terremotos tales como: litósfera, materiales fundidos, flotación, interacción entre

las placas, falla, libración de energía y movimiento vibratorio, sin embargo es necesario aclarar que aún sigue ausente en el elemento densidad, por tanto el tipo de organización del trabajo a lo largo de la aplicación de la SD permitió que los sus modelos progresaran en términos de complejidad y abstracción y comunicación.

❖ **Las formas de “visibilizar” el modelo explicativo:** como se dijo anteriormente, se buscó que el alumnado expresara su modelo de diferentes formas –dibujo, escritura, maquetas, discurso-, de tal manera que las representaciones de los modelos de los alumnos fueron enriqueciéndose de diferentes maneras, gráficas, escritas, etc., tal y como se pueden observar en lo que hemos denominado, en el capítulo anterior, ‘constructos de los estudiantes’, donde ellos dan cuenta de los elementos, relaciones y condiciones de su modelo explicativo, por ejemplo:

- El constructo 1. Corresponde al Modelo Explicativo Inicial en el que el estudiante dibuja volcanes, tierra, piedras, aguas, gusanos, edificios, arboles, son los elementos, las relaciones y condiciones en la que el estudiante interpreta el origen de los terremotos de manera gráfica, escrita y oral.
- En el constructo 2 y 3 incorporo a su modelo Explicativo intermedio uno y dos elementos, relaciones y condiciones propios del MCEA-TP en los que dibuja las placas tectónicas, los materiales semifundidos, la factura tectónica o falla es la manera de representar e interpretar el origen de los terremotos lo más cercano a la ciencias escolar.
- El constructo 5. Representa de manera análoga la interpretación del Modelo Científico escolar, el cual el estudiante incorpora, integra, conecta los elementos, relaciones y condiciones para explicar el fenómeno.

Por tanto concluimos que una gran aportación para interpretar los modelos construidos de los estudiantes y la forma de visibilizarlos son los dibujos,

esquemas, maquetas en marcados en el proceso de modelización, permitió incorporar y explicar el fenómeno del origen de los terremotos, con ellos podemos afirmar que en los dibujos y explicaciones, muestra la progresión que va teniendo el MCEA-TP, con la presencia de elementos, relaciones y condiciones para explicar el fenómeno de los terremotos.

B. En virtud de la potencialidad de la comunicación enmarcada en la negociación de significados

A lo largo del trabajo hemos obtenido evidencia empírica sobre lo potente que resulta para el campo de la didáctica de las ciencias las HCL, considerando que los modelos pueden ser expresados mediante lenguaje oral, escrito y representacional (dibujos, esquemas, gráficos entre otros), actuando como mediadores en la comunicación entre los estudiantes, mediando la relación entre el fenómeno y el modelo que lo explica (Márquez, 2011); favoreciendo a los procesos de modelización. Muestra de ello son los semáforos que exponen la progresión del desarrollo de las Habilidades cognitivo lingüística durante la ejecución de la SD.

❖ Aportaciones de las videograbaciones en la comunicación de los modelos.

Durante la aplicación de la SD se grabaron las sesiones, y en ellos se observaron elementos relaciones y condiciones que incorporaron a su modelo explicativo negociando los significados es decir estableciendo puntos de acuerdo entre los estudiantes, a través de este proceso los alumnos fueron modificando sus representaciones y al mismo tiempo progreso al incorporar elementos ausentes robusteciendo el modelo explicativo del origen de los terremotos. Por ejemplo: durante la construcción de las maquetas, el equipo 1 solo presento su modelo mostrando una zona de desastre en la cual solo se observaron edificios caídos, grietas en el suelo, carreteras destruidas, con respecto al equipo 4 elaboraron una maqueta en la cual se observaron elementos visibles del fenómeno como las placas tectónicas, fallas y los materiales fundidos, al presentarlos explicaron

el origen del fenómeno de los terremotos incorporando elementos que no estaban visibles en la maqueta pero si en la comunicación.

El equipo 1 durante su intervención explica *“el movimiento de las placas tectónicas, que flotan, se deslizan y hay fuerzas de arrastre, que provoca la liberación de energía y se rompen las placas, al romperse se mueve la bruscamente las placas y provoca desastre y destrucción en carreteras y edificios”*.

El equipo 4 relaciono su explicación de su maqueta con la situación que vivió la mamá de una de sus compañera durante un sismo *“ Mi mama estaba en su trabajo y todo se empezó a mover sonó la alarma sísmica y tuvo que salir, porque se estaban cayendo las cosa de los anaqueles”*. Durante la narrativa que realizaron con respecto a la maqueta incorporan en su explicación parte del MCEA-TP: la litosfera (placas tectónicas), fricción, resistencia de los materiales, acumulación y liberación de energía, flotación, materiales fundidos y deslizamiento, acumula energía, las fallas, grosor, en movimiento y un fuerza de arrates.

- ❖ **Potencialidad de los modelo explicativos de los estudiantes en términos con las HCL** a lo largo de la aplicación de la SD los estudiantes reformularon, redireccionaron y consolidaron sus acuerdos para para alcanzar el MCEA-TP del origen de los terremotos, dado que el desarrollo de las habilidades cognitivo lingüísticas favorecen a la progresión de los modelos explicativos, muestra de ello es el semáforo 5, en el que se ha puesto de manifiesto la progresión en los modelos durante la ejecución de la SD, para las construcción de sus representaciones multimodales se valieron de describir es decir observaron, compararon semejanzas y diferencias, identificaron lo esencial y prestaron su trabajo de manera multimodal; explicaron utilizando un lenguaje propio del modelo científico escolar (MCEA-TP) al incorporar elementos a sus constructos

(que en el capítulo anterior ya se han descrito) es decir establecieron relaciones entre los elementos relaciones y condiciones de manera tal que progresaron en complejidad y abstracción; Propusieron alternativas para explicar el fenómeno; Argumentaron en términos que justificaron una afirmación es decir respondieron a una pregunta como: ¿Estás seguro, que así ocurre?, lo que propicio que dieran sus razones y argumentos.

Para finalizar nuestras conclusiones, asumimos que el diseño y ejecución de SD fundamentada en la modelización permite entender el mundo a través de los fenómenos naturales a partir de una ciencia escolar. Además, la construcción del MCEA-TP y jerarquización del mismo en el MDC, permitió ser la carta de navegación de esta tesis en la construcción, diseño, secuenciación de actividades, fases, cortes y progresión de los modelos alcanzados.

C. Reflexión respecto a la realización de esta investigación, a partir de una intervención en el aula, en un contexto real de clase en la educación primaria.

Con la investigación/intervención realizada en el aula, mediante el diseño e implementación de la secuencia didáctica, se logró que los alumnos se situarán en un contexto real, que conectarán con un fenómeno relevante, y perceptibles en su entorno, lo cual contribuyo en la progresión de sus modelos sísmicos escolares. Lo cual permite concluir que efectivamente, la ciencia es una actividad humana y que la modelización, como una práctica científica se puede aprender y vivir en las aulas de educación primaria.

Como investigadora, mediante la intervención en aula, puedo afirmar que la construcción del MCEA-TP y jerarquizado en el MDC es un soporte teórico/practico para el diseño e implementación de SD, para propiciar la progresión de los modelos explicativos proyectados a partir de múltiples representaciones.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acher, A. (2014). Cómo facilitar la modelización científica en el aula. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED.*, 36, 63-75.
- Adúriz-Bravo, A. (2013). A 'Semantic' view of Scientific Models for Science Education. *Science & Education*, 22 (7), 593–1611.
- Adúriz-Bravo, A. e Izquierdo-Aymerich, M. (2002). Acerca de la didáctica de las ciencias como disciplina autónoma. *Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias*, 1, 130-140.
- 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*, 1, 40-49.
- Allain, J. C. (1995). Séismes, éruptions volcaniques et interior de la terre: Conceptions d élèves de huit á dix ans. *Aster* (20), 43 -60.
- Arjonilla, C. (1998). Sistemas modernos de preparación y respuesta ante riesgos sísmicos, volcánicos y Tsunamis. Ponencia presentada en la *Conferencia Internacional Sistemas modernos de preparación y respuesta ante riesgos sísmicos, volcánicos y Tsunamis*. Chile.
- Bufo, E. y Udías, A. (2009). El foco sísmico. En A. Ugalde, *Cuando la Tierra tiembla* (pp. 45- 66). España: Ministerio de Ciencia e Innovación.
- Carrillo, J., Vílchez, J. y González, F. (2010). Ideas previas en el alumnado de magisterio de educación primaria sobre el interior de la Tierra. *En II Congrès de Didàctiques*, 1-5.
- Coburn, W. (1996). Worldview Theory and Conceptual Change in Science Education. *Science Education*, 579-610.
- Cruz-Atienza, V.M. (2013). *Los Sismos. Una Amenaza Cotidiana*. México: La Caja de Cerrillos Ediciones.
- Duit, R. (2006). La investigación sobre la enseñanza de las ciencias. Un requisito imprescindible para mejorar la práctica educativa. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*. 11(31), 741-770.
- Duschl, R. (1997). *Renovar la Enseñanza de las Ciencias*. Madrid, España: Narcea.
- Driver, R. (1988). Un enfoque constructivista para el desarrollo del currículo en ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 6 (2), 109-120.
- Ernest, P. (1995). The one and the many. En L. Steffe & J. Gale (eds.), *Constructivism in education* (pp. 459-586). New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- Fernández, M., Maguregi, G., Márquez, C. y Sanmartí, N. (2011). El origen de los terremotos: representaciones del alumnado del grado de educación primaria. *XVII Simposio sobre enseñanza de la Geología*, 198-203.

- Fernández, M., Maguregi, G., Sanmartí, N. y Márquez, C. (2013). ¿Son válidas las metodologías activas para el aprendizaje de la dinámica Terrestre? *Enseñanza de las Ciencias*, Número extraordinario, 1227-1232.
- Francek, M. (2013). A Compilation and Review of over 500 Geoscience Misconceptions. *International Journal of Science Education*, 35, (1), 31-64.
- Galagovsky, L. y Adúriz-Bravo, A. (2001). Modelos y analogías en la enseñanza de las naturales. El concepto de modelo analógico. *Enseñanza de las Ciencias*, 19 (2), 231-242.
- Gallego, R. y Pérez, R. (1997). *La enseñanza de las ciencias experimentales. El constructivismo del caos*. Bogotá: Editorial Magisterio.
- García, P. y Sanmartí, N. (2006). La modelización: una propuesta para repensar la ciencia que enseñamos. En M. Quintanilla y A. Adúriz-Bravo (Eds.), *Enseñar Ciencias en el Nuevo Milenio* (pp. 279-298). Santiago de Chile: Ediciones Universidad Santiago de Chile.
- García-Martínez, A. e Izquierdo Aymerich, M. (2014). Contribución de la Historia de las Ciencias al desarrollo profesional de docentes universitarios. *Enseñanza de las Ciencias*, 32 (1), 265-281.
- Giere, R. (1999a). Del realismo constructivo al realismo perspectivo. *Enseñanza de las Ciencias*, Número extra, 9-13.
- Giere, R. (1999b). Un nuevo marco para enseñar el razonamiento científico. *Enseñanza de las Ciencias*, Número extra, 63-70.
- Gómez Galindo, A. (2008). Las concepciones alternativas, el cambio conceptual y los modelos explicativos del alumno. En C. Merino, A. Gómez y A. Adúriz-Bravo (Coords), *Área y Estrategia de Investigación en la Didáctica de las Ciencias Experimentales* (pp. 13-32). Barcelona: Universidad Autónoma de Barcelona.
- Gómez Galindo, A. (2011). La enseñanza de la biología en educación básica: Modelización y construcción de explicaciones multimodales. *Biografía, Escritos sobre Biología y su Enseñanza Estudios*. Número extraordinario, 521-532.
- Gómez Galindo, A. (2013). Explicaciones narrativas y modelización en la enseñanza de la biología. *Enseñanza de las Ciencias*, 31 (1), 11-28.
- Gómez Galindo, A. (2014). Progresión del aprendizaje basado en modelos: la enseñanza y el aprendizaje del sistema nervioso. *Biografía, Escritos sobre Biología y su Enseñanza Estudios*, 7 (13) 101-107.
- Izquierdo M., Espinet, M., García, M., Pujol, R. y Sanmartí, N. (1999). Caracterización y fundamentación de la ciencia escolar. *Enseñanza de las Ciencias*, Número extra, 79-92.
- Lee, O. (1999). Science Knowledge, Word Views and Information Sources in Social and Cultural and Contexts: Marking Sense After a Natural Disaster. *American Educational Research Journal*, 36(2), 187-229.

- López-Mota, A. y Rodríguez-Pineda, D. P. (2013). Anclaje de los Modelos y la Modelización Científica en Estrategias Didácticas. *Enseñanza de las Ciencias*, Número extra, 2008-2013.
- Martínez, C. y Rodríguez-Pineda, D. (2014). Estrategia didáctica para promover la modelización del fenómeno de la nutrición de las plantas verdes. En Coordinación Posgrado (Eds.) *Algunas miradas de la investigación educativa desde el posgrado de la Universidad Pedagógica Nacional* (pp.149 -162). México: UPN -Horizontes Educativos.
- Márquez, M. (2008). La comunicación en el aula. En C. Merino, A. Gómez y A. Adúriz-Bravo (Coords), *Área y Estrategia de Investigación en la Didáctica de las Ciencias Experimentales* (pp. 127-146). España: Universidad Autónoma de Barcelona.
- Marques, L. & Thompson, D. (1997a). Portuguese students' understanding at ages 10-11 and 14-15 of the origin and nature of the Earth and the development of life. *Research in Science & Technological Education*, 15(1), 29-51.
- Marques, L. & Thompson, D. (1997b). Misconceptions and Conceptual Changes Concerning Continental Drift and Plate Tectonics Among Portuguese Students Aged 16-17. *Research in Science & Technological Education*, 15(2), 195-222.
- Mejías, N. E. y Morcillo, J. G. (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.
- Nussbaum, J. & Novak, J. D. (1976). An assessment of children's concepts of the earth utilizing structured interviews. *Science Education*, 60, 535-550.
- Pedrinaci, E. (2011). Ciencias de la tierra una revolución pendiente. *Alambique* (63), 7-9.
- Roald, I. & Mikalsen, O. (2000). "What are the Earth and the heavenly bodies like? A study of objectual conceptions among Norwegian deaf and hearing pupils". *International Journal of Science Education*, 22 (4), 337-355.
- Roald, I. & Mikalsen, O. (2001). Configuration and dynamics of the Earth-Sun-Moon system: an investigation into conceptions of deaf and hearing pupils. *International Journal of Science Education*, 23 (4), 423-440.
- Rodríguez-Pineda, D.P., López y Mota, A.D., López Becerra, C. y Flores López, M.L. (2013). El campo de Educación en Ciencias: una mirada desde la UPN. *Revista Entre Maestr@s*, 13 (46), 60-67.
- Rodríguez-Pineda, D. P. y Faustinos, L. (2017). Progresión de modelos sísmicos escolares: una estrategia didáctica para modelizar el origen de los terremotos en la educación primaria. *Enseñanza de las Ciencias*, Número extraordinario, 461-467.
- Roos, K. & Shuell. T. J. (1993). Children's beliefs about earthquakes. *Science Education*, 77(2), 191- 205.

- Sánchez, G. y Valcárcel, M. (1993). Diseño de unidades didácticas en el área de ciencias experimentales. *Enseñanza de las Ciencias*, 11(1), 33-44.
- Sanmartí, N. (2002) ¿Cuál es la naturaleza de las ciencias? En N. Sanmartí, *Didáctica de las Ciencias en la Educación Secundaria Obligatoria* (pp. 33-53), España: Síntesis Educación.
- Schwarz, C., Reiser, B., Davis, E., Kenyon, L., Acher, A. & Fortus, D. (2009). Developing a Learning Progression for Scientific Modeling: Making Scientific Modeling Accesible and Meaningful for Learners. *Journal of Research in Science Teaching*, 46 (6), 632 -654.
- SEP (2011a). *Evaluación del Logro Académico en Centros Escolares*. México: Secretaría de Educación Pública.
- SEP (2011b). *Programas de Estudio 2011. Educación Básica Primaria*. México: Secretaría de Educación Pública.
- SEP (2011c). *Programas de Estudio 2011. Educación Básica Secundaria*. México: Secretaría de Educación Pública.
- SEP (2011d). *Libro de Texto de Geografía. Quinto grado 2011. Educación Básica Primaria*. México: Secretaría de Educación Pública
- SEP (2011e). *Atlas de México Quinto grado 2011. Educación Básica Primaria*. México: SEP.
- SEP (2011f). *Atlas Universal de Sexto grado 2011. Educación Básica Primaria*. México: SEP.
- SEP (2017). *Modelo Educativo 2017. Educación Básica Primaria*. México: SEP.
- Simsek, L. (2007). Children's Ideas about Earthquakes. *Journal of Environmental & Science Education*, 2(1), 14-19.
- Talanquer, V. (2013). Progresiones de aprendizaje: promesa y potencial. *Educación Química*, 24 (4), 362-364.
- Tarback, E., Lutgens, K. y Tasa, D. (2008). *Ciencias de la Tierra. Una introducción a la geología física*. España: Pearson Educación.
- Tsai, C. C. (2001). Ideas about earthquakers after experiencing a natural disaster in Taiwan; An analysis of student's world - views. *International Journal of Science Education*, 23 (10), 1007 – 1016.
- Yin, R. (1994). *Case Study Research. Design and Methods*. Thousand Oaks, CA: Sage Publications.

ANEXO 1

Rubrica para evaluar reactivos de la prueba en ENLACE en Geografía

Conocimientos y habilidades que evalúan los reactivos de la prueba ENLACE por grado de dificultad, quinto grado de primaria, geografía.

	BAJO	MEDIO	ALTO
La Tierra	Localizar, en un esquema del globo terráqueo, líneas o puntos imaginarios de la Tierra	Localizar, en un esquema del globo terráqueo, una zona térmica de la Tierra (tropical, templada o fría)	Localizar, en un planisferio, una ciudad con el uso de coordenadas geográficas (latitud y longitud)
	Reconocer el enunciado que describe la importancia del uso de coordenadas Geográficas para localizar lugares	Reconocer, a través de enunciados, una consecuencia del movimiento de rotación o traslación de la Tierra (sucesión del día y la noche o estaciones del año)	
		Reconocer, por medio de enunciados, una de las formas de representación de la Tierra (globo terráqueo o mapa)	
		Reconocer, a través de diferentes situaciones, la utilidad de la información que proporcionan los mapas	
Componentes naturales de la Tierra	Localizar, en un planisferio, una de las montañas, mesetas, llanuras o depresiones más importantes del mundo	Reconocer, por sus características representativas, una de las regiones naturales de la Tierra (tropicales, secas, templadas, frías o polares)	Reconocer, por sus características distintivas, un tipo de clima (tropical, seco, templado, frío o polar)
	Reconocer, a través de una narración breve, la importancia de las aguas oceánicas o continentales		Reconocer, a través de enunciados, uno de los movimientos de las placas tectónicas
	Localizar, en un planisferio, uno de los océanos, mares, lagos o ríos más importantes del mundo		Reconocer, por medio de imágenes, cambios en el relieve ocasionados por el viento o el agua
			Reconocer, en una narración, la diferencia entre estado del tiempo y clima
Población mundial	Reconocer, en un planisferio, diferencias en la distribución de la población en países o continentes del mundo	Reconocer, mediante enunciados, diferencias en la densidad de la población en países o continentes del mundo	Reconocer, por medio de enunciados la diversidad de manifestaciones culturales del mundo (lenguas, religiones, tradiciones, comida o vestido)
	Reconocer, a través de una narración breve, una característica del medio urbano y rural	Reconocer, a través de narraciones breves, la distribución de la población urbana en el mundo	

	Localizar, en un planisferio, las principales lenguas o religiones del mundo	Reconocer, mediante situaciones, la que corresponda a la emigración o inmigración de la población	
		Reconocer, por sus características, regiones o países expulsores o receptores de población	
Población mundial Características socioeconómicas del mundo	Reconocer, por medio de enunciados breves, un tipo de agricultura	Reconocer, mediante enunciados, diferencias en la densidad de la población en países o continentes del mundo	Reconocer, en enunciados, la importancia de la minería para la realización de actividades humanas
		Reconocer, por sus características, un tipo de ganadería	
		Reconocer, por sus características, una actividad económica como la pesca, la explotación forestal o la minería	
		Reconocer, por sus características, una de las principales regiones industriales del mundo	
		Reconocer, mediante enunciados, la relación de la esperanza de vida, educación o nivel de ingreso con el desarrollo de los países	
Cuidemos el mundo	Reconocer, en narraciones breves, diferencias en la calidad de vida de dos países con grandes contrastes	Reconocer, mediante situaciones, acciones para prevenir desastres	Reconocer, mediante situaciones, diferentes tipos de riesgo
		Reconocer, a partir de sus características, a un país que presenta alta, media o baja calidad de vida	Reconocer, mediante situaciones, un problema ambiental generado por la acción humana
		Reconocer, mediante ejemplos, una acción para el cuidado del ambiente	Reconocer, mediante situaciones, una actividad que genere mayor emisión de los gases de efecto invernadero
		Reconocer, mediante enunciados, una característica de una zona de riesgo en el mundo	Reconocer, a través de enunciados breves, la diferencia entre riesgo y desastre

Fuente: tomado de Evaluación del Logro Académico en Centros Escolares (SEP, 2011^a: 194)

ANEXO 2

Reactivos de prueba ENLACE de la asignatura de Geografía

Respuestas correctas de dificultad de los reactivos 75 y 172 de la Prueba ENLACE, de quinto grado de primaria, geografía.


109

Pregunta	Grado de Dificultad	Unidad	Tema	Propósito	Respuesta correcta
75	Alto	Componentes naturales de la Tierra	Componentes naturales	Reconocer, a través de enunciados, uno de los movimientos de las placas tectónicas	C

75. ¿En qué consiste el movimiento de las placas tectónicas conocido como deslizamiento?

A) Se forman fosas debido al impacto entre las placas oceánicas y continentales.

B) Se renueva la corteza terrestre y se originan las cadenas montañosas oceánicas.

C) Las placas se desplazan de manera lateral y en direcciones contrarias generando fallas.

D) Las placas se desplazan y se separan provocando la salida de magma.

Porcentaje de respuestas por opción y estrato:

	PARTICULAR	GENERAL	INDÍGENA	CONAFE	NACIONAL
A	17	18	19	21	18
B	17	20	25	27	20
C	38	35	31	27	35
D	28	27	25	25	27

PREGUNTAS

75
76

124


Pregunta	Grado de Dificultad	Unidad	Tema	Propósito	Respuesta correcta
172	Medio	Cuidemos el mundo	Geografía para la vida	Reconocer, mediante enunciados, una característica de una zona de riesgo en el mundo	A

172. ¿Cuál es una de las características de la zona de riesgo que comprende California, Estados Unidos y Baja California, México, donde se ubica la falla de San Andrés?

A) Se encuentra sobre la Placa Norteamericana y la Placa del Pacífico que, al deslizarse, originan terremotos.

B) Está formada por una franja de volcanes activos, desde el Océano Pacífico hasta el Golfo de México, que desprenden gases tóxicos a la atmósfera.

C) Está sobre la Placa de Cocos y la Placa del Caribe que, al chocar entre sí, provocan sismos devastadores.

D) Se encuentra uno de los principales volcanes activos del mundo cuya constante erupción expulsa gases a altas temperaturas a la atmósfera.

Porcentaje de respuestas por opción y estrato:

	PARTICULAR	GENERAL	INDÍGENA	CONAFE	NACIONAL
A	41	36	34	28	37
B	24	28	32	34	28
C	18	18	17	18	18
D	17	17	16	19	17

PREGUNTAS

172

Fuente: tomado de Evaluación del Logro Académico en Centros Escolares (SEP, 2011:109)

ANEXO 3

Mapa de Desarrollo Curricular para la Educación básica

ESTÁNDARES CURRICULARES ¹		1 ^{er} PERIODO ESCOLAR			2 ^o PERIODO ESCOLAR			3 ^{er} PERIODO ESCOLAR			4 ^o PERIODO ESCOLAR			
HABILIDADES DIGITALES	CAMPOS DE FORMACIÓN PARA LA EDUCACIÓN BÁSICA	Preescolar			Primaria						Secundaria			
		1 ^o	2 ^o	3 ^o	1 ^o	2 ^o	3 ^o	4 ^o	5 ^o	6 ^o	1 ^o	2 ^o	3 ^o	
	Lenguaje y comunicación				Español						Español I, II y III			
	Lenguaje y comunicación				Segunda Lengua: Inglés ²						Segunda Lengua: Inglés I, II y III ²			
	Pensamiento matemático	Pensamiento matemático			Matemáticas						Matemáticas I, II y III			
	EXPLORACIÓN Y COMPRENSIÓN DEL MUNDO NATURAL Y SOCIAL	Exploración y conocimiento del mundo							Ciencias Naturales ³			Ciencias I (énfasis en Biología)	Ciencias II (énfasis en Física)	Ciencias III (énfasis en Química)
		Desarrollo físico y salud				Exploración de la Naturaleza y la Sociedad			La Entidad donde Vivo	Geografía ²			Tecnología I, II y III	
										Historia ²			Geografía de México y del Mundo	Historia I y II
	Desarrollo personal y social							Formación Cívica y Ética ⁴			Asignatura Estatal	Formación Cívica y Ética I y II		
	DESARROLLO PERSONAL Y PARA LA CONVIVENCIA	Desarrollo personal y social						Educación Física ⁴			Tutoría			
Expresión y apreciación artísticas						Educación Artística ⁴			Educación Física I, II y III					
											Artes I, II y III (Música, Danza, Teatro o Artes Visuales)			

¹ Estándares Curriculares de: Español, Matemáticas, Ciencias, Segunda Lengua: Inglés, y Habilidades Digitales.

² Para los alumnos hablantes de lengua indígena, el Español y el Inglés son consideradas como segundas lenguas a la materna. Inglés está en proceso de gestión.

³ Favorecen aprendizajes de Tecnología.

⁴ Establecen vínculos formativos con Ciencias Naturales, Geografía e Historia.

Fuente: tomado de SEP (2011b)

ANEXO 4 Mapa Curricular de Educación Básica (SEP, 2017)

Componente curricular	Nivel educativo	Preescolar			Primaria						Secundaria				
		Grado escolar			1	2	3	1	2	3	4	5	6	1	2
 Aprendizajes clave	Campos formativos y asignaturas	Lenguaje y comunicación	Lengua materna y literatura			Lengua materna y literatura						Lengua materna y literatura			
						Español como segunda lengua									
					Lengua extranjera (Inglés)	Lengua extranjera (Inglés)						Lengua extranjera (Inglés)			
		Pensamiento matemático	Matemáticas			Matemáticas						Matemáticas			
 Desarrollo personal y social	Áreas	Exploración del mundo natural y social	Conocimiento del medio			Conocimiento del medio		Ciencias naturales y tecnología				Ciencias y tecnología			
						Mi entidad	Historia					Biología	Física	Química	
								Geografía					Historia		
								Formación cívica y ética					Geografía		
 Autonomía curricular	Ámbitos	Desarrollo corporal y salud	Desarrollo corporal y salud			Desarrollo corporal y salud						Desarrollo corporal y salud			
		Desarrollo artístico y creatividad	Desarrollo artístico y creatividad			Desarrollo artístico y creatividad						Desarrollo artístico y creatividad			
		Desarrollo emocional	Desarrollo emocional			Desarrollo emocional						Orientación y tutoría			
		Profundización de Aprendizajes clave	Definición a cargo de la escuela, con base en lineamientos expedidos por la SEP												
		Ampliación de las oportunidades para el Desarrollo personal y social													
		Nuevos contenidos relevantes													
		Conocimiento de contenidos regionales y locales													
		Impulso a proyectos de impacto social													

ANEXO 5

SECUENCIA DIDÁCTICA DEL ORIGEN DE LOS TERREMOTOS

Actividades de exploración.

Son actividades que tiene como objetivo:

- Explorar los modelos iniciales de los estudiantes del fenómeno de los terremotos.
- Que los estudiantes se planteen el problema que se va a estudiar.
- Que sean capaces de expresar sus Modelos Explicativos Iniciales sobre el origen de los terremotos.

Producto de esta fase:

- Instrumento (cuestionario)
- Dibujo sobre el interior de la Tierra.

<p>Actividades de Exploración de los Modelos Explicativos iniciales sobre el origen de los terremotos</p> <p>¿Armando un gran rompecabezas?</p>	
<p>Objetivo:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Identificar los modelos explicativos de los estudiantes de sobre el origen de los terremotos, evidenciando el MCI inferido. • Que los alumnos expresen sus Modelos sobre el origen de los terremotos de forma oral y escrita. 	
<p>Lo que se presenta en la actividad 1 y 2:</p> <p>Se presentan cuatro rompecabezas e instrumento “mil preguntas”.</p>	
¿Por qué la actividad?	¿Qué se pretende de la actividad?
Permite conocer los Modelos Explicativos Iniciales sobre el origen de los terremotos.	Reconocer cómo explican los estudiantes el fenómeno de los terremotos a partir de sus modelos de sentido común.
¿Qué hace el profesor y qué el estudiante?	
Profesor	Estudiante
<p>Presentar el material, orientando y motivando la construcción de los rompecabezas.</p> <p>Muestra las imágenes que están presentes en el rompecabezas.</p> <p>Orientará la participación de los estudiantes realizando las siguientes preguntas al término de construir su rompecabezas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • ¿Qué observan en la imagen? • ¿Qué hecho representa la imagen? • ¿Qué ocurrió? <p>Acuerdo grupal y escribir en un rotafolio el acuerdo de cada equipo. (primera parte)</p> <p>Acuerdo general.</p> <p>Indicará que viene un momento individual. Para contestar el cuestionario “mil preguntas” (cuestionario segunda parte).</p> <p>Compartir en equipos sus respuestas y compartirlas al grupo, los modelos de sus repuestas de la actividad 2 equipo y plenaria.</p>	<p>Construir el rompecabezas en equipo.</p> <p>Una vez construido el rompecabezas, realizar el cuestionario “mil preguntas” de manera individual. (Primera parte)</p> <p>Acuerdos por equipo para presentar el rompecabezas ya construido al grupo y sus explicaciones de las preguntas.</p> <p>Realizaran el cuestionario segunda parte de manera individual.</p> <p>En equipos compartirán sus respuestas y sus acuerdos los presentaran al grupo</p> <p>Momento de plenaria para compartir los modelos que construyeron en equipos.</p>

Momentos de trabajo	Tiempo de la actividad
Individual, equipo y plenaria	60
Seguimiento de la actividad	
Animara a los estudiantes para construir el rompecabezas, registrando el tiempo en el que lograron construir el rompecabezas.	
El profesor solicita que comenten sobre los que observan en la imagen una vez terminada su participación de los estudiantes, pedirá que de manera individual contesten las siguientes preguntas “mil preguntas”.(primera parte)	
Al terminar de contestar el cuestionario es momento de compartir en equipo sus modelos de cada pregunta, al finalizar este primer consenso se les pedirá que en una hoja de rotafolio escriban sus acuerdos.	
Realizaran la segunda parte “cuestionario mil preguntas), Al terminar de contestar el cuestionario es momento de compartir en equipo sus modelos de cada pregunta, al finalizar este primer consenso se les pedirá que en una hoja de rotafolio escriban sus acuerdos.	
El profesor valora en todo momento la importancia de los modelos explicativos sobre los terremotos en el desarrollo de las actividades.	

Actividades orientadas a la introducción de nuevos puntos de vista

Son actividades que tiene como objetivo:

- Introducir los nuevos elementos: Litosfera (Placas tectónicas), Astenosfera (material semifundido), densidad, espesor, fronteras tectónicas, fracturas, interacción de las placas tectónicas, flotación, resistencia de los materiales, contacto por fricción, fuerzas de arrastre, acumulación de energía y liberación de energía.
- Incorporen paso a paso elementos, relaciones y condiciones a su modelo para explicar el origen de los terremotos.

Producto de esta fase: POE (Predice, Observa y Explica), Dibujo-explica, se evidenciará la evolución de los modelos alcanzados.

Actividades orientadas a la introducción de nuevos puntos de vista ¡Una Tierra dinámica!	
Objetivo que los alumnos: <ul style="list-style-type: none"> • Incorporen los elementos de Astenosfera (material semifundido) y Litosfera (placas tectónicas) al fenómeno de los terremotos. • Relacionen la relación de “flotación” con las placas tectónicas y los materiales semifundidos. • Incorporen los elementos de densidad, espesor, interacción de las placas tectónicas en las fronteras tectónicas (zona transcurren), debido a la fuerzas de arrastre, fuerzas por fricción como parte fundamental del fenómeno del origen de los terremotos. 	
Lo que se presenta: Actividad 3. Lectura “Una corteza quebradiza” Actividad 4. Experimental “La cáscara de la Tierra” Actividad 5. Experimental “El huevo flotante” Actividad 6. Comparando grosores “Las tablas de madera Aportan elementos, relaciones y condiciones para explicar desde el modelo de tectónica de placas el fenómeno del origen de los terremotos.	
¿Por qué la actividad?	¿Qué se pretende de la actividad?
Permite incorporar elementos relaciones y condiciones del Modelo Científico Escolar de Arribo (MCEA).	

<p>La lectura “Una corteza quebradiza”, permite conocer de manera directa los elementos Astenosfera (material semifundido) y Litosfera (placas tectónicas) que forman parte del Estructura interna de la Tierra en su composición Física.</p> <p>La Actividad experimental permite construir representaciones de los fenómenos naturales incorporando elementos, relaciones y condiciones que forman parte del modelo que explica el fenómeno del origen de los terremotos: interacción de las placas tectónicas con respecto a la resistencia de los materiales, contacto por fricción, fuerzas de arrastre.</p> <p>Incorporar como parte fundamental del fenómeno la resistencia de los materiales, esfuerzos (fuerzas), acumulación de energía y liberación de energía debido al contacto por fricción y fuerzas de arrete genera la liberación de energía provocando movimientos vibratorios.</p>	<p>Que construyan un modelo escolar, incorporando elementos que permita explicar el fenómeno del origen de los terremotos.</p> <p>Ir incorporando de manera gradual los elementos, relaciones y condiciones a la construcción de los modelos explicativos escolares.</p> <p>Se espera que los alumnos evolución su modelos incorporando elementos relaciones y condiciones.</p> <p>Se espera la evolución del modelo de partida al ir integrando elementos, relaciones y condiciones con respecto al MCEA.</p>
---	--

¿Qué hace el profesor y que el estudiante?

Profesor	Estudiante
<p>Presentar el material, orientando y motivando para realizar la lectura.</p> <p>Actividad 3.Lectura “Una corteza quebradiza” Orientará a que subrayen los elementos de la lectura Una corteza quebradiza</p> <p>De manera grupal compartirán los elementos que subrayaron. Los escribirán en un rotafolio.</p> <p>Actividad 4. “La cascara de la Tierra” Orientará la construcción del instrumento POE</p> <p>Indica a los equipos que compartirán con el grupo sus predicciones, observaciones y explicaciones.</p> <p>.</p> <p>Orientará a que los estudiantes diseñen las placas tectónicas.</p> <p>Orientará a reconocer que las placas tectónicas tiene características como densidad, espesor, fronteras tectónicas y fracturas</p>	<p>Lectura de manera individual y subrayar las palabras (elementos, relaciones y condiciones) que consideren que son parte de lo que origina un terremoto</p> <p>En equipos compartirán las palabras que subrayaron y las describirán según la información de la lectura, formaran una lista de las palabras subrayadas y compartirán en el grupo</p> <p>En equipo realizaran la práctica “la cascara de la Tierra” (POE) Lee con atención las indicaciones para realizar el experimento “La cascara de la tierra”</p> <p>Prepara en equipos el material.</p> <p>De manera individual construirán el instrumento POE, escribirán sus predicciones.</p> <p>Sus predicciones las compartirán en su equipo, escribiéndolas en equipo</p> <p>Observara y registrara todo lo que sucede en el experimento.</p>

El experimento “El huevo flotante”, los estudiantes leen y escuchan las indicaciones del profesor para realizar el experimento, sin olvidar su registro del instrumento POE. Compartirán los acuerdos ante el grupo.

Se les pedirá diseñar un dibujo en el cual incorporen los nuevos elementos De manera individual, equipo y grupal.

Realizan la descripción de las tablas , dibujando las características y su relación con las placas tectónicas.

Actividades de Síntesis o de Estructuración

Son actividades que tiene como objetivo:

- Que el estudiante utilice el modelo de la tectónica de placas para explicar el fenómeno del origen de los terremotos.
- Identificar nuevas formas de ver y explicar el fenómeno del origen de los terremotos
- Producto de esta fase: se evidenciara el modelo de tectónicas de placas para explicar el fenómeno del origen de los terremotos por medio de un dibujo en el cual muestra la incorporación de elementos, relaciones y condiciones.

Actividades de síntesis o de estructuración sobre el origen de los terremotos	
<ul style="list-style-type: none"> • Incorporen la condición de resistencia de los materiales y la acumulación de energía • Relación de la acumulación de energía y la liberación de energía provocando el rompimiento de la roca generando movimientos vibratorios. • Que los alumnos identifiquen los modelos de Tectónica de placas y que clasifiquen elementos que son parte del modelo para explicar el fenómeno de los terremotos. • Que los alumnos estructuren los elementos nuevos al modelo para explicar el fenómeno del origen de los terremotos. 	
Lo que se presenta: Actividad 7. Lectura “Los continentes un gran rompecabezas” Actividad 8. Actividad experimental “Frotando rocas” Actividad 9. Lectura “Sacude sismo de 8 grados Richter a Chile” www.elperiodicodeutah.com	
¿Por qué la actividad?	¿Qué se pretende de la actividad?
Utilizar el modelo de Tectónica de placas para explicar el fenómeno del origen de los terremotos Negociación de significados.	Que <i>incorporen los elementos, relaciones y condiciones: interacción, contacto por fricción, fuerzas de arrastre;</i> resistencia de los materiales y la acumulación de energía, el rompimiento de la roca generando movimientos vibratorios.
¿Qué hace el profesor y que el estudiante?	
Profesor	Estudiante
Actividad 7. Lectura “Los continentes un gran rompecabezas”	Lee de manera individual la lectura Lectura “Los continentes un gran rompecabezas” y subraya las palabras que crean que son parte

<p>El profesor indicara que van a leer de forma individual la lectura “Los continentes un gran rompecabezas”</p> <p>Orientara que subrayen los elementos que considere importantes integral al fenómeno de los terremotos</p> <p>Se solicitar que en plenaria socialicen los elementos que subrayaron y las escriban en un rotafolio para tenerlas presentes durante estas actividades</p> <p>Actividad 8. Actividad experimental “Frotando rocas”</p> <p>Se solicitara el material para la práctica frotando rocas.</p> <p>Registraran sus observaciones en el instrumento POE</p> <p>Indicara que construyan el dibujo referente a la interacción de las placas tectónicas</p> <p>Actividad 9. Lectura “Sacude sismo de 8 grados Richter a Chile” www.elperiodicodeutah.com</p> <p>Solicitará que lean de manera individual la noticia “Sacude sismo de 8 grados Richter a Chile”¿referencia?</p> <p>El profesor preguntara ¿Qué originó el sismo en Chile?</p> <p>Orientará a los alumnos a construir un dibujo en el cual se apoye para explicar lo sucedido en Chile.</p> <p>Indicara que en plenaria compartirán sus explicaciones acerca del fenómeno que ocurrió en Chile.</p>	<p>de modelos que explica el origen de los terremotos.</p> <p>Describir lo que ocurre cuando frotamos nuestras manos individual y en equipo.</p> <p>Frotando rocas, predicciones POE</p> <p>Dibujaran la interacción de las placas tectónicas</p> <p>Leer de manera individual la lectura.</p> <p>Realizaran comentarios acerca de lo que pregunta.</p> <p>Explica por escrito que origino el temblor de chile y realiza un dibujo.</p> <p>Comentaremos sobre lo ocurrido en Chile</p> <p>Ubicaran las placas en las cuales se encuentran Chile.</p> <p>En plenaria compartirán sus explicaciones.</p> <p>Dibujaran y explicaran el fenómeno que ocurrió en chile.</p>
Momentos de trabajo	Tiempo de la actividad
Individual, equipo y plenaria	60
Seguimiento de la actividad	
<p>En la lectura marcar e las fronteras tectónicas y ubicar la falla de san Andrés.</p> <p>Describirán que ocurre cuando se frotan las manos de manera individual, en equipo y grupal, propiciando las participaciones.</p> <p>Antes de realizar el experimento de frotar las rocas, registraran sus predicciones, observaciones y explicaciones de manera individual y grupal.</p> <p>Dibujo sobre la interacción de las placas tectónicas</p>	

Retomaremos la actividad de frotando rocas para recordar la interacción de las placas y recordando lo que sucede cuando interactúan.

Leer de forma individual la noticia de “*Sacude sismo de 8 grados Richter a Chile*”.

Formar una plenaria para comentar lo ocurrido en el sismo de Chile.

Ubicaremos las placas tectónicas en las que se sitúa Chile.

Construyen un dibujo para apoyar su explicación sobre el origen del sismo en Chile en individual y en equipo.

En plenaria compartirán sus explicaciones sobre el origen del sismo de Chile

Actividades de aplicación y generalización

Son actividades que tiene como objetivo:

- Ampliar el campo de situaciones y fenómenos que se puedan explicar con el modelo construido.
- Favorecer la evolución del modelo alcanzado con respecto al modelo de partida.
- Utilizar el modelo de tectónica de placas que expliquen nuevas situaciones
- Que el estudiante utilice el modelo de la tectónica de placas para explicar el fenómeno del origen de los terremotos.
- Identificar nuevas formas de ver y explicar el fenómeno del origen de los terremotos

Producto de esta fase: se evidenciara el modelo de tectónicas de placas para explicar el fenómeno del origen de los terremotos por medio de un modelo explicativo. (Maqueta o esquema).

Actividades de aplicación y generalización sobre el origen de los terremotos	
Objetivo: <ul style="list-style-type: none"> • Que los alumnos construyan argumentos coherentes, basados en información confiable sobre el origen de los terremotos 	
Lo que se presenta: Actividad 10. Video “Sismo en México” Actividad 11. Construcción de maquetas para explicar lo que origino el sismo en México en Abril de 2014.	
¿Por qué la actividad?	¿Qué se pretende de la actividad?
Ejecutar y utilizar el modelo de Tectónica de placas para explicar nuevas situaciones.	La evolución de modelo de partida con respecto al modelo alcanzado del MCEA.
¿Qué hace el profesor y que el estudiante?	
Profesor	Estudiante
Actividad 10. Proyectará el video “sismo en México” Recordará la actividad de las fronteras tectónicas haciendo énfasis en las placas en las cuales se ubica México Actividad 11. Construcción de maquetas para explicar lo que origino el sismo en México en Abril de 2014. Invita a construir una maqueta, esquema, dibujo para explicar lo que origino el sismo de México (vacaciones). Trabajo individual y en equipo.	Observara el video. Comentarios sobre el video proyectado. Localizar las placas tectónicas en la cual se ubica México Representa en una maqueta, esquema, dibujo, lo que origino el sismo que acaba de ocurrir en México (vacaciones de semana santa) Trabajan en equipos

	Exposición de los trabajos en equipos de sus modelos analógicos.
Momentos de trabajo	Tiempo de la actividad
Individual, equipo y plenaria	60
Seguimiento de la actividad	
<p>Se observara el video sismo en México</p> <p>Participaran de manera individual sobre el video proyectado</p> <p>De manera individual construyen un modelo analógico sobre lo que origino el sismo en México y que causas y consecuencias podría suceder.</p> <p>En equipos presentaran sus modelos analógicos para explicar el sismo que ocurrió en México</p>	

ANEXO 6

INSTRUMENTOS DE APLICACION

Actividad 1. Armando un gran rompecabezas



Nombre: _____ Edad: _____

1. ¿Qué representa la imagen del rompecabezas?

2. ¿Cuál piensas que es la causa para lo que representa la imagen?

ANEXO 7
Cuestionario “Mil preguntas”

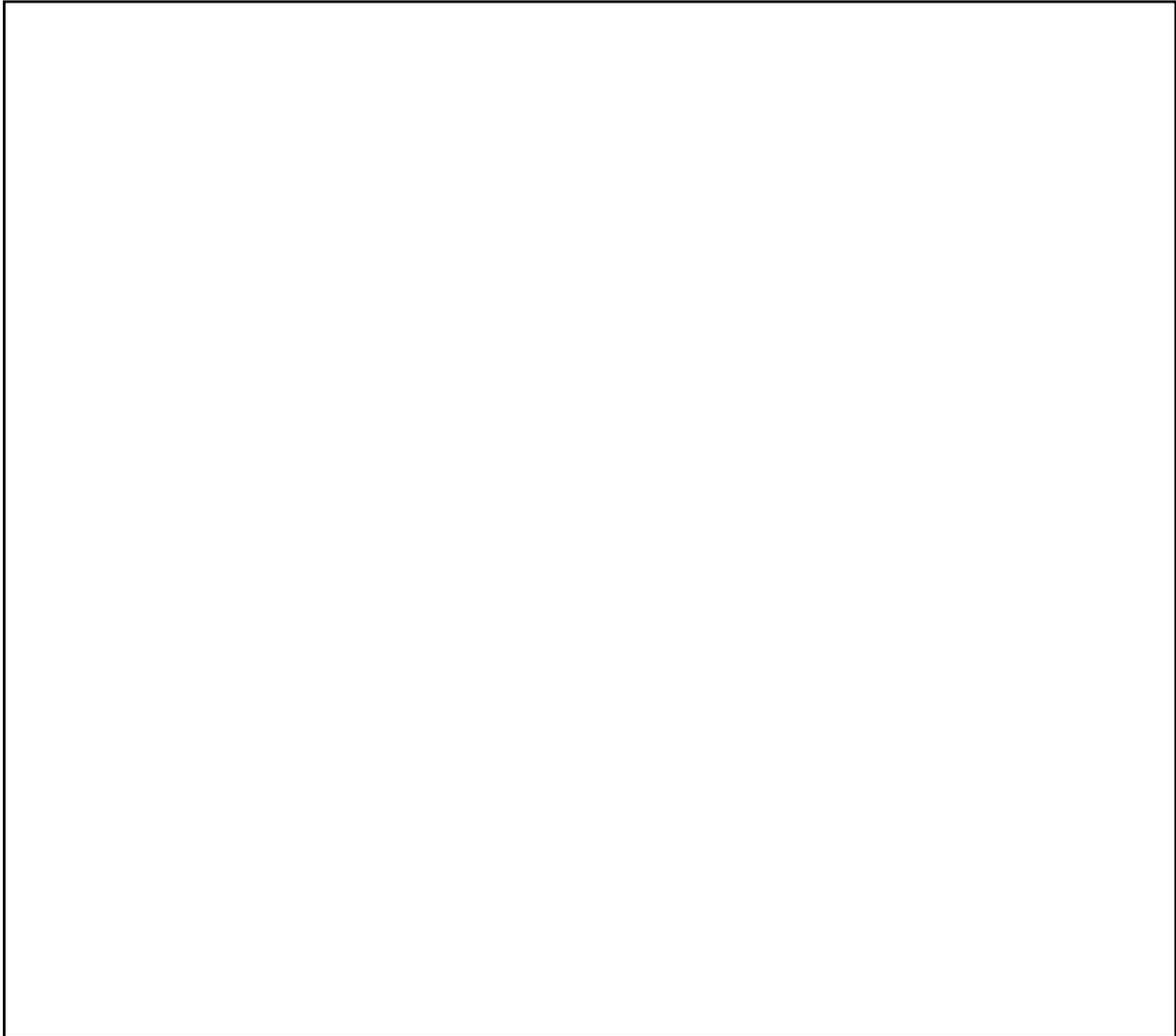
Nombre: _____ Edad: _____

1. Describe lo que piensas que es lo que causa un terremoto

2. Mediante un dibujo representa como se origina un terremoto

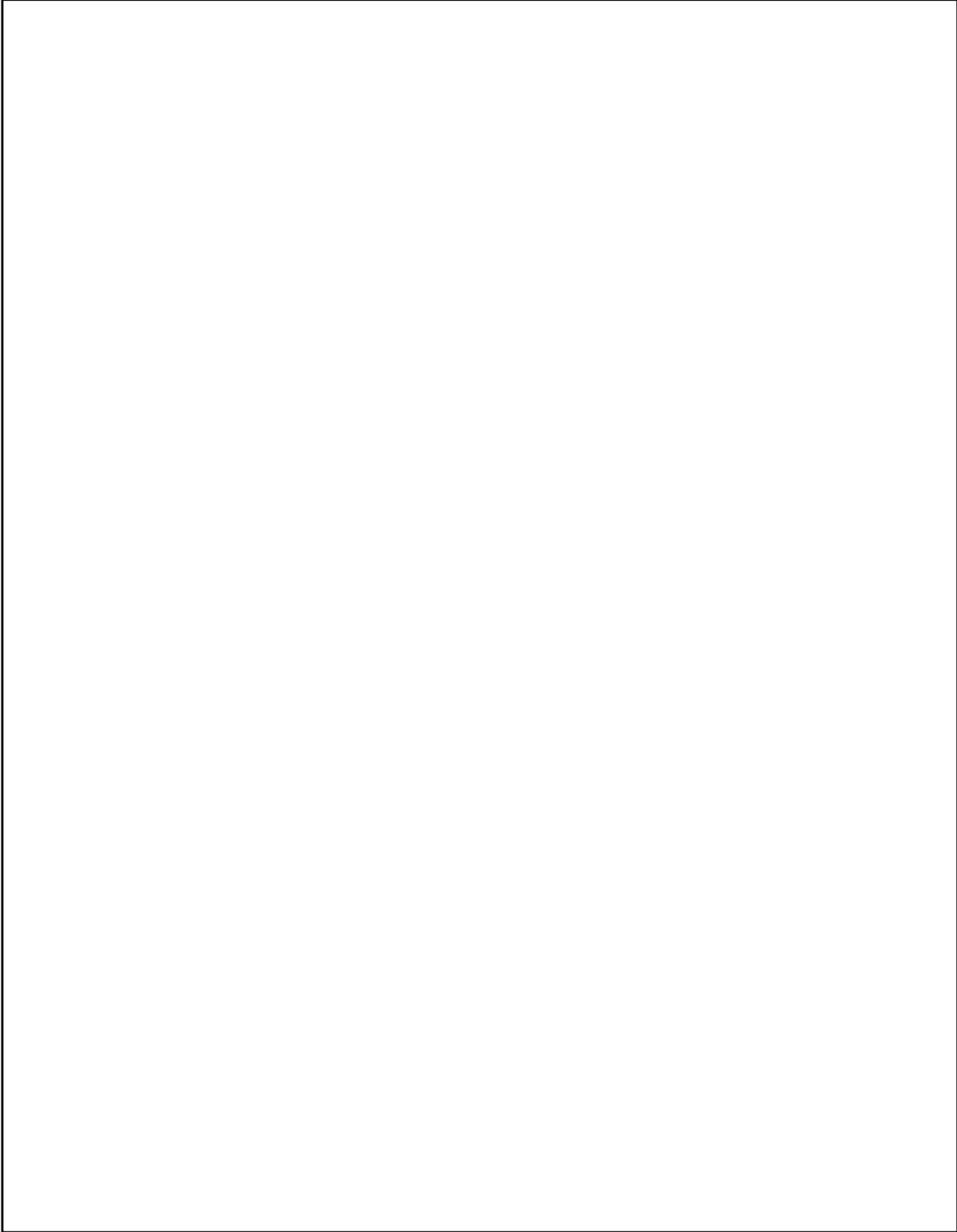


3. Dibuja como imaginas la Tierra por dentro



4. Describe que está ocurriendo debajo de la superficie de la Tierra en el momento en el que hay un terremoto

5. Dibuja lo que piensas que ocurrió debajo de la superficie de la Tierra en el momento que hay un terremoto



ANEXO 8
POE “LA CASCARA DE LA TIERRA”
Predice, Observa y Explica

Predice:

Observa:

Explica:

ANEXO 9
INSTRUMENTO PARA REPRESENTAR LA LITOSFERA Y ASTENOSFERA.

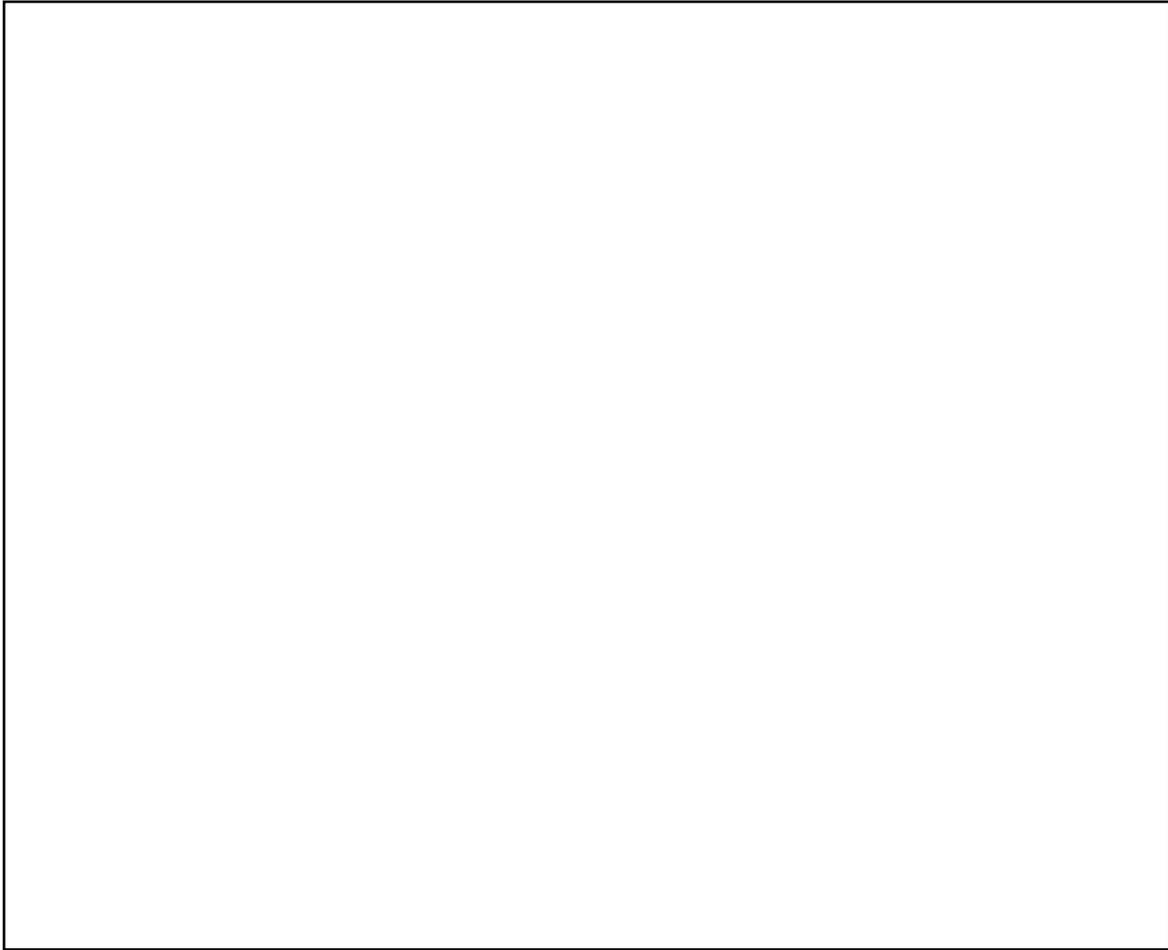
Nombre del Alumno: _____

Explica y dibuja las partes que representa el huevo con relación al Interior de la Tierra en su composición física.



Nombre del Alumno: _____

Representa en un dibujo la Litosfera y Astenosfera y describe tu dibujo.



Describe tu dibujo

ANEXO 10
INSTRUMENTO. REPRESENTACION DE INTERACCION DE LAS PLACAS
TECTONICAS

Nombre del Alumno: _____

Describe y explica que ocurre cuando frotamos nuestras manos.

Representa en un dibujo la interacción de las placas tectónicas



ANEXO 11.

INSTRUMENTO. REPRESENTACION DEL ORIGEN DEL SISMO EN CHILE

Nombre del alumno: _____

Explica que origino el sismo de Chile

Representa un dibujo de lo que origino el sismo en Chile



ANEXO 12

Nombre del Alumno: _____

Explica que sucedió dentro de la Tierra, durante el sismo que acaba de ocurrir en México

Dibuja lo que piensas que origino el sismo en México

