

# PROGRESIÓN DE MODELOS SÍSMICOS ESCOLARES: UNA ESTRATEGIA DIDÁCTICA PARA MODELIZAR EL ORIGEN DE LOS TERREMOTOS EN LA EDUCACIÓN PRIMARIA

Diana Patricia Rodríguez-Pineda  
*Universidad Pedagógica Nacional, México*  
dpineda@upn.mx

Maria de Lourdes Faustinos Garrido,  
*Servicios Educativos Integrados al Estado de Mexico, México*  
hlourdes\_11@hotmail.com

**RESUMEN:** Dado que los fenómenos relacionados con las Ciencias de la Tierra afectan directamente a la población en el mundo, consideramos necesario que los modelos explicativos de éstos, como el de Tectónica de Placas (TP) que da cuenta del origen de los terremotos, sean construidos en clase. Para ello diseñamos y aplicamos una Estrategia Didáctica (ED) para quinto de primaria, tomando como eje orientador el Modelo Científico Escolar de Arribo y la progresión de los modelos escolares. Presentamos el diseño junto con los resultados de la primera fase, que evidencian que los modelos iniciales de los estudiantes sobre el origen de los terremotos, son de tipo Aristotélico 'acomodación de la Tierra' y Neptuniano 'producto de una erupción volcánica'.

**PALABRAS CLAVE:** Ciencias de la Tierra, terremotos, modelos y modelización, estrategia didáctica, primaria.

**OBJETIVOS:** Investigaciones como las de Tsai (2001), Mejías y Morcillo (2006) y Francek (2013), reportan ideas similares sobre el origen de los terremotos -de tipo mítico, teológico, aristotélico- entre alumnos de primaria, secundaria y bachillerato, lo que plantea que las explicaciones iniciales de los sujetos sobre este fenómeno persisten aún después de la instrucción escolar. Además, Fernández *et al.* (2013), reportan que a pesar de haber implementado una ED para la enseñanza 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 metodologías activas.

Por lo tanto partiendo del supuesto de que el aprendizaje de la ciencia en educación básica, debe ser un proceso que permita transformar progresivamente los modelos iniciales de los estudiantes y no solo un producto acumulado en forma de teorías o modelos, nos planteamos como objetivo principal '*Diseñar y aplicar una ED, fundamentada en la modelización, para lograr que los alumnos transiten progresivamente de sus modelos explicativos iniciales a un modelo explicativo de carácter científico escolar de Tectónica de Placas, tomando como eje orientador para el diseño el Modelo Científico Escolar de Arribo (MCEA) propuesto por López-Mota y Rodríguez-Pineda (2013)*'.

## ANTECEDENTES Y MARCO TEÓRICO

Pedrinaci (2011) menciona que hace más de una década la American Geophysical Union, viene defendiendo que deben trasladarse a los programas de enseñanza, los modelos de las 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. 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 muy poco tiempo.

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 -desde 1993- específicamente en el nivel primario. 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, para ello dan relevancia a la temática de la dinámica de la corteza terrestre, siendo considerado el fenómeno de 'los terremotos', como uno de los más importantes de la geografía física -geociencias- en educación primaria (SEP, 2011).

### Modelización

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 fundamentar el diseño de una ED.

Giere (1999) 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 epistemología.

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.

### Estrategia Didáctica: MCEA como eje orientador

La perspectiva sobre una ED, depende de la mirada que se tiene de la enseñanza y del aprendizaje. De acuerdo con Martínez y Rodríguez-Pineda (2014), una estrategia 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. A partir de esta visión de ED, se retoma la propuesta de cómo secuenciar el aprendizaje planteada por Sanmartí (2002), tomando como eje orientador para la ED, la hipótesis de progresión propuesta por el concepto de MCEA, 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 ED sustentada en los modelos y la modelización (López-Mota y Rodríguez-Pineda, 2013, p.2010).

Como todo modelo científico es importante identificar en el MCEA las entidades, relaciones y condiciones del mismo. El MCEA es producto de la transposición didáctica del Modelo Erudito (ME) y del Modelo planteado directa o indirectamente en el Currículo (MCU) y corresponde al modelo teórico científico escolar, al que se espera arriben los alumnos producto de un proceso de modelización.

## METODOLOGÍA

Para el diseño de la Estrategia Didáctica y secuenciar las actividades -partiendo de lo simple a lo complejo y de lo concreto a lo abstracto (Sanmartí, 2002)-, se revisó la literatura de ideas previas para identificar el Modelo Explicativo Inicial (MEI) de los alumnos y con base en lo que se ha reportado mayoritariamente, se encontraron teóricamente dos posibles Modelos (tabla 1) acerca del fenómeno de los terremotos: el mítico-teológico -creencias religiosas- y aristotélico -la tierra como un ser vivo-.

Tabla 1.  
MEI de la TP

MODELO	ENTIDADES	RELACIONES	CONDICIONES
Aristotélico	Tierra Roca Calor Aire Grietas	Acomodación Estancamiento	Se parten las rocas
Mítico – Teológico	Tierra Dios	Castigo	Enojo

Se construyó el MCEA (tabla 2) y se tensionó con los MEI, para identificar los elementos que no estaban presentes en ellos. A partir de esta tensión, se construyó el Mapa de Desarrollo Curricular (MDC) sobre el origen de los terremotos para estudiantes de quinto grado (ver figura 1), 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. El MDC permite identificar los cortes de los modelos en tres momentos y realizar el análisis de los datos de manera cualitativa – descriptiva.

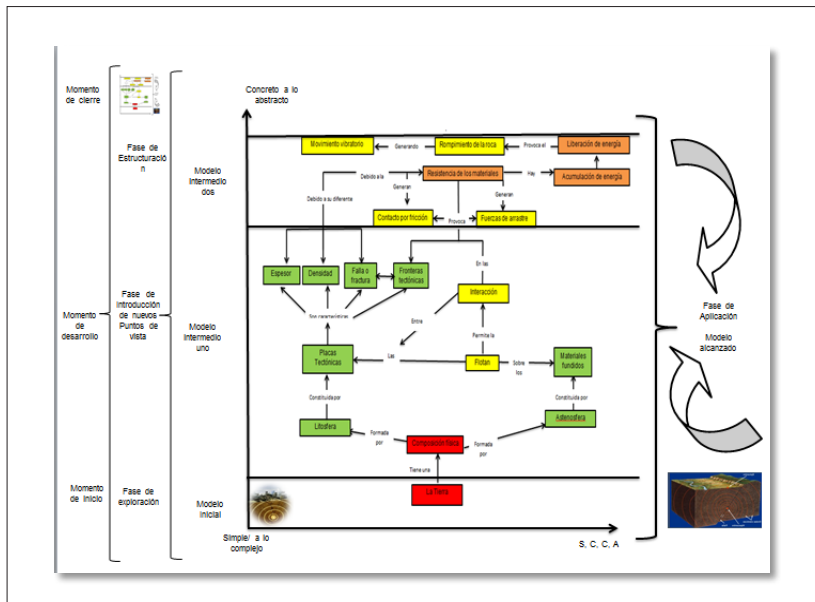


Fig. 1. MDC sobre el origen de los terremotos para estudiantes de quinto grado de primaria

Tabla 2.  
MCEA de la TP

ENTIDADES	RELACIONES	CONDICIONES
a. Litosfera: PT –Densidad –Espesor –Fronteras tectónicas –Fractura o falla	Flotación Interacción Fuerzas de arrastre Contacto por fricción Rompimiento de la roca	Resistencia de los materiales Acumulación de energía elástica Liberación de energía
b. Astenosfera: materiales fundidos	Movimiento vibratorio	

La ED se diseñó alrededor de tres grandes momentos -inicio, desarrollo y cierre-, en los cuales siempre se realizaron actividades individuales (figura 2), grupales -cooperativas-, (figura 3) y de plenaria; fue piloteada y ajustada previamente.

La experiencia presentada se llevó a cabo al final del año escolar 2014, con un grupo de alumnos del Estado de México de cuarto de primaria, porque los niños de quinto para quienes de acuerdo con el programa de estudios (SEP, 2011) se propone el tema de TP que da cuenta del origen de los terremotos, en la asignatura de geografía, ya habían visto el tema con la maestra. El grupo estuvo conformado por 27 alumnos -15 niños y 12 niñas-con edades entre 9 y 10 años.

Los datos se obtuvieron de los productos -cuestionarios, dibujos, escritos y maquetas- de las diferentes actividades (tabla 3) y también de la videograbación de todas las sesiones. Cabe mencionar que si bien algunos datos se recopilaron de manera individual, toda la información se organizó de manera grupal y se analizó desde el MDC, como intento de vislumbrar de esta manera la evolución del MEI y su progresión hacia el MCEA.

## RESULTADOS

La ED se desarrollo a partir de la secuenciación de 11 actividades, durante 8 sesiones de dos horas c/u, finalizando con una encuesta individual para recabar las impresiones que había generado la propuesta didáctica.

Tabla 3.  
Diseño de la ED: momentos, cortes y actividades

MOMENTOS DE LA ED	Inicio	Desarrollo		Cierre
CORTE DE LA ED	Primero	Segundo	Tercero	Cuarto
FASE (Sanmartí, 2002)	Exploración	Introducción de nuevos puntos de vista	Estructuración	Aplicación
ACTIVIDADES	Armado de un rompecabezas  Aplicación del cuestionario	Lectura “Una corteza quebradiza”.  Actividad experimental “La cáscara de la Tierra”  Actividad experimental “El huevo flotante”  Comparando grosores “Las tablas de madera”	Lectura “Los continentes un gran rompecabezas”  Actividad experimental “Frotando rocas”  Lectura “ <i>Sacude sismo de 8 grados Richter a Chile</i> ” <a href="http://www.elperiodicodeutah.com">www.elperiodicodeutah.com</a>	Video “Sismo en México”  Construcción de maquetas para explicar lo que origino el sismo en México en Abril de 2014.
PROGRESIÓN DE MODELOS IDENTIFICADOS	Inicial	Intermedio 1	Intermedio 2	Alcanzados

En la tabla 3 se presenta de manera general el diseño de la Estrategia Didactica. Cada actividad presenta un producto escrito acompañado de dibujos explicativos, teniendo en cuenta la metodología POE -Predecir, Observar y Explicar-. Al final de cada momento 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 MEI, en el segundo los modelos intermedios uno y el modelo intermedio dos y en el tercero, los modelos alcanzados por los alumnos.

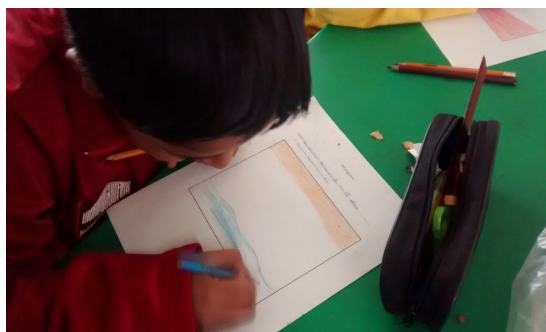


Fig. 2. Actividad individual



Fig. 3. Actividad grupal

Es importante resaltar que dado que el fenómeno a modelizar -los terremotos-, está presente continuamente en todo el mundo, esta ED se enmarca en un contexto real y ‘cotidiano’, muestra de ello es que durante la implementación de la misma temblo en Chile y en México, lo que dio lugar a modificar dos actividades que se tenían planteadas para el desarrollo y cierre, las nuevas actividades fueron la lectura “*Sacude sismo de 8 grados Richter a Chile*” y “*Construcción de maquetas para explicar lo que origino el sismo en México en Abril de 2014*”, lo cual fue posible a la estructuración previa del MDC.

El análisis de datos del primer corte de la ED, nos permitió identificar los MEI de los estudiantes sobre el origen de los terremotos. En este primer momento de la ED, los niños realizaron el armado del rompecabezas que se utilizó para situar el fenómeno de los terremotos y posteriormente contestaron un cuestionario y realizaron un dibujo (figura 2), lo cual fue analizado con base en el MDC identificando las entidades, relaciones y condiciones presentes en sus modelos. De estos datos, se identificaron cuatro modelos homogéneos -uno por cada grupo de trabajo-, dado que comparten entidades, relaciones y condiciones, estos modelos se presentan en la tabla 4, evidenciando los MEI empíricos -cuyos resultados son los que aquí se reportan

Tabla 4.  
MEI por grupo de trabajo en clase

GRUPO	ENTIDADES	RELACIONES	CONDICIONES
1	Tierra	Acomodación (movimiento) Rompimiento de la roca	Erupción volcánica
2	Tierra Piedras	Acomodación Agitación	Erupción volcánica Remolino
3	Tierra Piedras	Acomodación Desnivele Choque Se parten las rocas	Erupción volcánica
4	Tierra Piedras	Acomodación Rompen la roca	Erupción volcánica

Al comparar los Modelos Explicativos Iniciales (MEI) inferidos de la literatura, con respecto a los MEI empíricos de los estudiantes del grupo muestra, encontramos que el modelo que presentan en los cuatro equipos teniendo en cuenta las entidades y relaciones del modelo, se inclina hacia un Modelo Internalista de tipo Aristotélico, el cual alude a la ‘Acomodación de la Tierra’ (Francek, 2013). Sin embargo, la condición de ‘erupción volcánica’ esta presente en los modelos de todos equipos, la cual no está reportada tan ampliamente en la literatura, como una condición que dé origen al fenómeno de los terremotos, lo cual alude a un modelo Neptuniano de erupción (Mejías y Morcillo, 2006).

## CONCLUSIONES

La jerarquización del MCEA en el MDC, nos brinda la posibilidad de organización de las entidades, relaciones y condiciones del modelo de Tectónica de Placas, de acuerdo al nivel de complejidad y abstracción para ser enseñables y aprendibles, permitiendo ver los niveles de complejidad y por tanto facilita la identificación de las actividades apropiadas para la introducción de estos elementos del MCEA y la secuenciación de las mismas; esta jerarquización también propicia identificar los cortes necesarios, para plantear la progresión de los modelos explicativos del alumnado a los largo de la ED.

Los MEI obtenidos coincidieron con uno de los MEI inferidos de la literatura: 'el Aristotélico'. Sin embargo en ninguna de las respuestas individuales ni grupales -escritas o dibujadas- dadas al cuestionario, se hizo referencia al modelo 'mítico-religioso', a diferencia de lo encontrado en la literatura de ideas previas, lo cual resulta una línea de indagación interesante. Es fundamental señalar que durante la aplicación de la ED, el trabajo en equipo y las explicaciones entre iguales permitieron la negociación de significados, lo cual facilitó recuperar los datos grupales.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue posible gracias a una beca de posgrado otorgada por el CONACyT y a los Servicios Educativos Integrados al Estado de México.

## BIBLIOGRAFÍA

- 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 extra 1227-1232.
- FRANCEK, M. (2013). A Compilation and Review of over 500 Geoscience Misconceptions. *International Journal of Science Education*, 35, (1), 31-64.
- GIERE, R. (1999). Un nuevo marco para enseñar el razonamiento científico. *Enseñanza de las Ciencias*, Número extra, 63-70.
- 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.
- 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.
- MEJÍAS, T. N 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.
- PEDRINACI, E. (2011). Ciencias de la tierra una revolución pendiente. *Alambique*, (63), 7-9.
- SEP (2011). *Programas de Estudio 2011. Educación Básica Primaria*. México: SEP.
- SANMARTI, N. (2002). *Didáctica de las ciencias en la educación secundaria obligatoria*. España: Síntesis Educación.
- TSAI, C. (2001). Ideas about earthquakes after experiencing a natural disaster in Taiwan; An analysis of student's world - views. *International Journal of Science Education*, 23(10), 1007-1016.

