



*Revista Bio-grafía. Escritos sobre la Biología y su enseñanza.* Año 2021; Número **Extraordinario**. ISSN 2619-3531. *Memorias V Congreso Latinoamericano de Investigación en Didáctica de las Ciencias.* 23 y 24 de septiembre de 2021. Modalidad virtual.

## **Modelización del origen de los terremotos a partir del Modelo Científico Escolar de Arribo de Tectónica de Placas**

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

María de Lourdes Faustinos Garrido  
Servicios Educativos Integrados al Estado de México  
[hlourdes\\_11@hotmail.com](mailto:hlourdes_11@hotmail.com)

Línea temática: Aprendizaje, Modelización y Argumentación en la enseñanza de las ciencias  
Modalidad: Simposio

### **Resumen**

En este trabajo se analiza la modelización del fenómeno del origen de los terremotos por parte de un grupo de 27 alumnos de 4º de primaria, a partir de la progresión de sus modelos, como resultado de la implementación de una secuencia didáctica (SD) basada en el Modelo Científico Escolar de Arribo (MCEA) de Tectónica de Placas (TP). Con base en el MCEA-TP se construyó un Mapa de Diseño Curricular, estableciendo las fases de intervención y los momentos para analizar los modelos que va construyendo el alumnado. El grupo se organizó en 4 equipos de trabajo a lo largo de la SD, de tal manera que los datos y ejemplos presentados, provienen fundamentalmente de los equipos. El proceso de modelización se analizó desde dos ejes: complejidad y abstracción en el tratamiento de entidades, relaciones y condiciones del MCEA-TP y, la progresión comunicativa. Los resultados indican que, en los 4 equipos los modelos progresan gracias a la negociación de significados y al diseño basado en el tránsito de simple a complejo y de concreto a abstracto del MCEA-TP.

### **Palabras clave**

Modelización, Modelo Científico Escolar de Arribo, Terremotos, Estrategia Didáctica, Primaria

### **Objetivos**

- Plantear argumentos, con evidencia empírica, sobre lo potente que resulta para el campo de didáctica de las ciencias, favorecer los procesos de modelización del estudiantado en contextos reales de clase al contar con un Modelo Científico Escolar de Arribo cuyas entidades, relaciones y condiciones estén claramente identificadas.
- Destacar el valor heurístico que tiene el MCEA, para orientar el desarrollo curricular, mediante el diseño de ED -en los propósitos y actividades a desarrollar- y evaluar los resultados alcanzados con ella, mediante la progresión de los modelos construidos.

- Abordar desde el campo de didáctica de las ciencias los temas relacionados con las Ciencias de la Tierra.

### **Marco Teórico**

En los planes y programas de estudios de educación primaria en México, los fenómenos naturales que corresponden a Ciencias de la Tierra como erupción volcánica, terremotos, ondas sísmicas, estructura interna de la Tierra, deriva de los continentes, entre otros (Pedrinaci, 2011), son abordados de manera superficial en la asignatura de geografía a los cuales se les dedica muy poco tiempo, a pesar de que dicha temática, ha estado presente en todas las reformas de educación básica que se han realizado en México -desde 1993- específicamente en el nivel primaria. 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 a fenómenos naturales, por lo que 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), máxime que éste es un hecho que se ha presentado con gran intensidad México, p. ej. en 1982 y 2017 y, que se explica desde el Modelo Científico de Tectónica de Placas.

En este marco, la investigación en el campo de la didáctica de las ciencias, 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).

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, 1999). Esas 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.

Aunado a lo anterior, la modelización permite interpretar los fenómenos del mundo conectándolos con la realidad, todo ello mediante la actividad científica escolar (Izquierdo et al., 1999). De acuerdo con Acher (2014), hay cuatro elementos centrales para operacionalizar las prácticas de modelización, a saber: construir modelos para explicar y predecir fenómenos; usarlos; compararlos y evaluarlos y, revisarlos de manera que se incremente su potencial explicativo o predictivo, lo cual favorece la progresión de modelos más elaborados y precisos. 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 como describir, explicar, proponer y argumentar (Márquez, 2008). A través de este proceso comunicativo, los estudiantes van modificando su modelo explicativo el cual ira progresando a medida que van incorporando nuevas entidades, relaciones y condiciones a su modelo científico escolar.

Ahora bien, para favorecer los procesos de modelización del estudiantado en contextos reales de clase, López-Mota y Rodríguez-Pineda (2013), plantean contar para el diseño de Secuencias Didácticas (SD), con un Modelo Científico Escolar de Arribo (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 con la SD, máxime que se parte de la premisa de que los alumnos cuentan con sus propios Modelos Explicativos Iniciales (MEI) sobre los fenómenos científicos.

**Metodología**

Inicialmente se construyó el MCEA de Tectónica de Placas (MCEA-TP) (Rodríguez-Pineda y Faustinos, 2017) y partir de éste se construyó un Mapa de Desarrollo Curricular (MDC) sobre el origen de los terremotos para estudiantes de primaria, 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 (figura 1) para que sean enseñables y aprendibles. El MDC permite identificar los cortes de los modelos al finalizar cada una de las tres primeras fases -inicial, intermedio uno e intermedio 2- y por supuesto el modelo logrado por los estudiantes en la última fase.

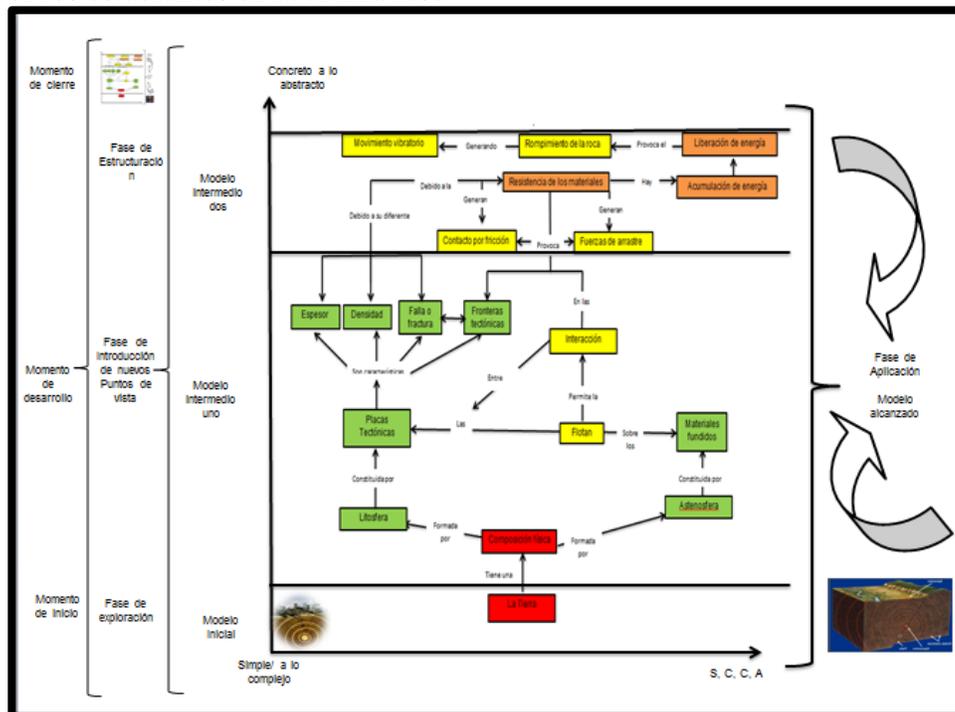


Figura 1. MDC sobre el origen de los terremotos para estudiantes de primaria

Posteriormente se diseñó la SD (Rodríguez-Pineda y Faustinos, 2017) siendo 11 el total de actividades realizadas, en 8 sesiones de dos horas c/u, la SD fue piloteada y ajustada previamente. El trabajo se realizó con un grupo de 27 alumnos -15 niños y 12 niñas- del Estado de México de cuarto de primaria, con edades entre 9 y 10 años, en la asignatura de geografía. 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 transformación del MEo, 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: el primero, '*complejidad y abstracción*' en la incorporación de los elementos -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).

Para el análisis, construimos una herramienta llamada '*semáforo*', que nos permite identificar de manera cualitativa, 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.

## **Resultados**

La información se obtuvo de los productos -cuestionarios, dibujos, escritos y maquetas- de los estudiantes en las diferentes actividades y también de la videograbación de todas las sesiones. Cabe mencionar que, grupo se organizó en 4 equipos de trabajo a lo largo de la SD, por lo que los datos y ejemplos que se presentan, provienen fundamentalmente de los equipos y se analizó con base en el MDC, como intento de vislumbrar de esta manera la evolución del MEo y su progresión hacia el MCEA-TP. El semáforo para el primer eje se presenta en la tabla 1

### **A. 'Complejidad y abstracción' en la incorporación de los elementos del MCEA-TP al ME del alumnado.**

#### ***Fase de exploración "Modelo Explicativo Inicial (MEo)"***

De acuerdo con la revisión de la literatura realizada previamente (Rodríguez-Pineda y Faustinos, 2017), esperábamos que en el MEo estuvieran 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* pero no identifica que sea de tipo vibratorio y, la *relación rompimiento de la roca*, por ende, los dos elementos presentes de manera parcial se hayan en amarillo y el último en verde. Lo cual se evidencia en lo expresado por los 4 equipos (E):

E1. "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"

E2. "La tierra vibra y se menea por el movimiento queda vueltas la Tierra"

E3. "La Tierra se desnivela y produce que todo se mueva"

E4. "Se mueve la Tierra para adentro y se parte en cachos"

**Fase de introducción de nuevos puntos de vista “Modelo Explicativo Intermedio 1 (MEi1)”**

De acuerdo con la SD, esperábamos que en el MEi1 estuvieran presentes 7 elementos nuevos del MCEA-TP: 5/6 entidades y 2/6 relaciones. Esto se logró en 4 de las entidades, excepto para la entidad *densidad*, la cual no fue incorporada al Modelo Explicativo del alumnado en ningún momento. En cuanto las relaciones, se incorporó la relación *flotación* y la de *movimiento vibratorio* se mantuvo parcialmente.

Al presentar en plenaria los acuerdos del equipo con respecto a las entidades relacionaron las palabras con el 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”

Durante la aplicación de algunas actividades experimentales, relacionaron el grosor de las tablas con las placas tectónicas, sin embargo, no las relacionan con la densidad, por lo que no incorporan la densidad en su modelo explicativo; explican la relación del grosor de las placas tectónicas con términos “*delgadas y gruesas*”; su modelo progresa al incorporar la etiqueta de flotación “*las placas tectónicas flotan como el huevo*”, de esta manera gana terreno en complejidad.

Entidades	MEo	MEi1	MEi2	MEA
Litosfera (Placas Tectónicas)	✖	✔	✔	✔
Espesor	✔	✔	✔	✔
Densidad	✔	✖	✖	✖
Fractura o falla	✔	✔	✔	✔
Fronteras tectónicas	✔	✔	✔	✔
Astenosfera (Materiales fundidos)	✔	✔	✔	✔

Relaciones	MEo	MEi1	MEi2	MEA
Flotación	✔	✔	✔	✔
Interacción	✔	✔	✔	✔
Fuerzas de arrastre	✔	✔	✔	✔
Contacto por fricción	✔	✔	✔	✔
Rompimiento de la roca	✔	✔	✔	✔
Movimiento vibratorio	✔	✔	✔	✔

Condiciones	MEo	MEi1	MEi2	MEA
Resistencia de los materiales	✔	✔	✔	✔
Acumulación de energía elástica	✔	✔	✔	✔
Liberación de energía	✔	✔	✔	✔

Tabla 1. Presencia e incorporación de las entidades, relaciones y condiciones del MCEA-TP al ME del alumnado a lo largo de la SD

**Fase de estructuración “Modelo Explicativo Intermedio 2 (MEi2)”**

Durante esta fase se aplicaron tres actividades en la cual se buscaba que los alumnos incorporarán la entidad *fronteras tectónicas*, lo cual se logró parcialmente; las relaciones *interacción, fuerzas de arrastre y contacto por fricción*, lo cual se logró al igual que la consolidación de la relación *movimiento vibratorio* y; las condiciones, resistencia de los materiales, acumulación de energía elástica y liberación de energía. Ejemplo de ello tenemos:

*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. “La Placas Tectónicas 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”*

**Fase de aplicación “Modelo Explicativo Alcanzado (MEA)”**

En la última columna de la tabla 1, se puede observar que el modelo alcanzado muy cercano al MCEA-TP, aunque no incorporan en ningún momento la entidad *densidad* y parcialmente la de *fronteras tectónicas*, al igual que la relación *resistencia de los materiales*. Lo cual se ejemplifica en la figura 2.

**B. ‘Comunicación’ -negociación de significados-**

Para identificar la progresión en la negociación de significados a lo largo de la SD, se construyó de manera análoga al eje anterior, un ‘semáforo’, pero en este caso se 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 ese caso el rojo no aparece (ver tabla 2). A continuación, presentamos algunos ejemplos de cada HCL:

**Describir**

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

*E3. “Hay un movimiento en la Tierra cuando se acomoda”*

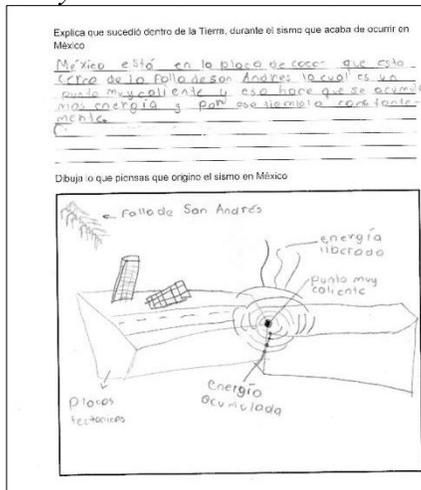


Figura 2. Comunicaciones de los alumnos para explicar el origen de los terremotos al final de la SD

**Explicar**

- E2. “Unas placas son más gruesas y otras son más delgadas y por eso se rompen con facilidad”
- E4. “Cuando hay una grieta en la placa tectónica es más fácil que se rompa”

**Proponer**

- E1. “Entonces calentemos una piedra para ver si se rompe la roca”
- E3. “Coloquemos dos cajas sobre unas canicas y de esa forman se mueven las Placas Tectónicas”

**Argumentar**

- E3. “Las placas se mueven todo el tiempo y a veces no lo sentimos y de tanto que se deslizan acumulan energía y eso provoca un terremoto”
- E4. “Todos estamos de acuerdo que hay un punto de la Tierra en donde se acumula la energía a eso se llama epicentro”

Comunicación	MEo	MEi <sub>1</sub>	MEi <sub>2</sub>	MEA
Describir				
Explicar				
Proponer				
Argumentar				

Tabla 2. Presencia de las HCL en los ME del alumnado a lo largo de la SD

**Conclusiones**

El análisis realizado permite tener evidencias en favor de la progresión de los ME del alumnado hacia el MCEA-TP, ya que los modelos de los cuatro equipos, transitaron en estructuración, complejidad, abstracción y comunicación y con los elementos del MCEA-TP, fueron construyendo argumentos en favor de la estructura interna de la Tierra y de la interacción de las placas tectónicas. Se pudo observar que la erupción volcánica ya no estaba presente en las explicaciones que dieron al final de la SD y la comunicación fue ganando en argumentación.

Para el desarrollo curricular, contar con una SD diseñada a partir de un eje directriz explícito como lo fue el MCEA-TP, orienta el trabajo del profesor y favorece las actividades y tareas de modelización.

**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**

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.
- Giere, R. (1999). Un nuevo marco para enseñar el razonamiento científico. *Enseñanza de las Ciencias*. Número extra, 63-70
- Gómez Galindo, A. (2013). Explicaciones narrativas y modelización en la enseñanza de la biología. *Enseñanza de las Ciencias*, 31 (1), 11-28.
- 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.
- 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). Barcelona: Universidad Autónoma de Barcelona.
- Pedrinaci, E. (2011). Ciencias de la tierra una revolución pendiente. *Alambique* (63), 7 – 9.
- 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
- SEP (2011). *Programas de Estudio 2011. Educación Básica Primaria*. México: SEP.