

# SIMULACIÓN DIDÁCTICA DE LA PROPAGACIÓN DE LAS ONDAS SÍSMICAS P Y S.

## *A didactic simulation of P and S type earthquake waves propagation*

Luis Balaguer (\*)

### **RESUMEN:**

*En este artículo se describe una simulación didáctica de la propagación de las ondas sísmicas como modelo analógico. La actividad la realizan alumnos de 4º de E.S.O., que cursan la materia de Biología y Geología, y consiste en una escenificación de la propagación de las ondas P y S. Los alumnos deben descubrir e interpretar su papel como partículas de los materiales de la litosfera. Se persigue así, de forma más sensorial, un aprendizaje significativo de las características de las ondas sísmicas.*

### **ABSTRACT:**

*This study describes a didactic simulation of earthquake waves propagation. This activity is designed for 4º grade E.S.O. students which attend the subject of Biology and Geology. It is a performance of the movement of P and S waves. The students must discover and play their role as particles of the Lithosphere matter. The goal is to achieve a significant learning of the features of earthquake waves.*

**Palabras clave:** Ondas sísmicas, Simulación, Modelo analógico, Geodidáctica.

**Keywords:** Earthquake waves, Simulation, Analogic model, Geodidactic.

## **INTRODUCCIÓN**

La geología es la ciencia que más restringida tienen la posibilidad de reproducir en un laboratorio fenómenos naturales. Ello se debe a la existencia de una serie de dificultades como son la extensión o profundidad a las que se producen los fenómenos geológicos, el tiempo en que se producen dichos fenómenos, a escala geológica la mayoría de ellos, y las enormes magnitudes de las variables físicas, no reproducibles en el laboratorio (Álvarez et al., 1996).

Todos estos factores dificultan la enseñanza y la comprensión de la geología, especialmente en los alumnos más jóvenes, por lo que es necesario la utilización de distintos modelos o representaciones (Sellés et al., 2000). Los modelos analógicos intentan simular la acción de fenómenos naturales en contextos espaciales y temporales más reducidos, y condiciones físico-químicas análogas a las reales (Álvarez et al., 1996), y constituyen una herramienta didáctica básica que permite disminuir la demanda cognitiva de tales fenómenos (Lacreu, 1997).

Para un alumno de 4º curso de Educación Secundaria Obligatoria (E.S.O.), la comprensión de la naturaleza de las ondas sísmicas no es sencilla. Existe una serie de conceptos difíciles de comprender y de relacionar entre sí, como son que toda la materia, incluida las rocas, está formada por partículas, capaces de transmitir las fuerzas que actúan sobre ellas y que las ondas sísmicas son fuerzas que se transmiten a través de las rocas y se diferencian por la forma de

avanzar. El aprendizaje, y también la enseñanza, se complican cuando se analiza la ecuación que describe las relaciones que se establecen entre las distintas variables que determinan su velocidad de propagación. Este lenguaje matemático, más abstracto, causa perplejidad en la mayoría de nuestros alumnos.

Como alternativa, planteamos en este artículo una escenificación de la propagación de las ondas sísmicas, en parte basada en modelos que se utilizan tradicionalmente en la enseñanza de la Física. En ella, los alumnos actúan como partículas de los materiales de la litosfera y deberán descubrir y representar los movimientos que deben realizar ante el paso de un tipo de ondas o de otro, así como, comprobar que la velocidad de propagación de las ondas P es mayor que la de las ondas S, e indagar el efecto que sobre las mismas ejercen distintas variables como la densidad y la rigidez de los materiales que atraviesan. Se pretende recrear así, un marco escénico que permita el planteamiento de problemas y la búsqueda de estrategias para resolverlos.

## **DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD**

El desarrollo de la actividad se puede resumir en tres etapas:

**1. Montaje de la escena:** Se retiran los pupitres a los lados del aula. En el espacio que queda se disponen a todos los alumnos del grupo menos a dos, formando una fila hombro con hombro. El profesor, frente a ellos, les indica cual va a ser su papel en la

(\*) Departamento de Biología y Geología. I.E.S. "La Cañuela". C/ Magallanes 2, 45210 Yuncos (Toledo). Tf: 925 55 79 23 . Fax 925 55 39 38

experiencia. Son partículas de los materiales de la litosfera, que van a transmitir la energía que se ha liberado en un terremoto, experimentando los cambios que conforman ondas sísmicas. El primer alumno de la fila situado a la izquierda del profesor ocupa la situación más próxima al hipocentro. El último de la fila situado a la derecha representa el lugar donde se registra la llegada de las ondas, el equivalente a una estación sismográfica. El sentido de propagación será de izquierda a derecha (se puede dibujar en el suelo una flecha, como si fuera un rayo sísmico). Un toque en el hombro del alumno situado a la izquierda será la señal de la llegada del frente de ondas, momento que deberán como partículas simular las vibraciones que caracterizan y diferencian las ondas P de las ondas S. A los dos alumnos que no participan en la fila, se les entrega un muelle “mágico” (habitual en las tiendas de 1 euro) y lo despliegan de un extremo a otro del aula, situándolo frente a sus compañeros, de tal forma que sea perfectamente visible para todos ellos.

**2. Escenificación de la propagación de las ondas P y de las ondas S:** Se plantea a los alumnos que tras la señal convenida deben intentar representar la propagación de las ondas P. Se les deja unos segundos para que decidan y ensayen qué movimiento es el más adecuado. Se les recuerda que las ondas P son ondas de compresión al mismo tiempo que se simula su desplazamiento utilizando el muelle “mágico”. Se discuten las posibilidades. A continuación se les propone la siguiente alternativa: cuando un alumno nota que le han tocado su hombro derecho inicia un desplazamiento lateral hacia el siguiente compañero de la fila hasta su hombro. A continuación, mientras que el primero recupera su posición inicial, el segundo se desplaza hacia el siguiente de la fila. Se realizan distintos ensayos. Una vez que han perfeccionado la simulación se repita la dinámica anterior, pero en este caso el objetivo es representar la propagación de las ondas S, para lo cual se propone la siguiente escenificación: cuando un alumno siente la presión en su hombro salta hacia arriba y una vez que ha llegado al suelo toca con su mano el hombro del siguiente compañero de la fila y éste, en ese instante, inicia el salto.

**3. Comprobar que la velocidad de propagación de las ondas P es mayor que la de las ondas S:** Los alumnos saben que los términos P (primarias) y S (secundarias) no son arbitrarios, sino que indican diferencias en el registro de llegada de las ondas a las estaciones sismográficas. Las ondas P viajan más deprisa que las ondas S, siendo las primeras en recibirse tras un terremoto. La diferencia en la velocidad de propagación de las ondas sugiere que son de distinta naturaleza. ¿Realmente son ciertos todos estos argumentos? A los alumnos encargados del modelo mecánico se les encomienda nuevas tareas. A uno de ellos, provisto de un cronómetro, se le sitúa al lado del último alumno de la fila, en la hipotética estación sismográfica. El otro, en la pizarra. El primero debe medir el tiempo que transcurre desde la llegada de las ondas, a la voz de “ya” del profesor, hasta que cesa el movimiento del compañero situado a su lado. El se-

gundo debe registrar los tiempos que se obtengan en la pizarra, preparando una tabla que de cabida para al menos tres pruebas. Antes de iniciar los registros se ensaya la escenificación de la propagación de las ondas P y de las ondas S. Se llevan a cabo las pruebas. Al analizar la tabla queda claro que las ondas P son más rápidas que las ondas S. Este hecho no es casual y se relaciona con la distinta forma de cómo vibran las partículas al paso de uno u otro tipo de onda, tal como apuntan algunos alumnos.

## SUGERENCIAS DIDÁCTICAS

El nivel más idóneo para programar la actividad propuesta es 4º de E.S.O.. Para su secuenciación es imprescindible una sesión o clase previa, en la que se analice los conceptos básicos sobre los terremotos y las ondas sísmicas. Su temporización ronda los 20 minutos. Esta actividad podría programarse en una segunda clase, a manera de introducción y enlace con la anterior, de tal forma que permita aclarar y reforzar los conceptos descritos en la primera, para a continuación analizar las variables que determinan cambios en la velocidad de propagación de las ondas, como antesala de la enseñanza de la utilidad o aplicación de las ondas sísmicas como método de estudio en Geología.

Mientras que en la actividad que se ha descrito es el profesor el que propone el problema y las reglas para llegar a una solución, en el análisis de éstas variables deben ser los alumnos quienes planteen la cuestión a investigar y quienes diseñen la estrategia para resolver los problemas planteados. Aunque esta tarea queda abierta y sujeta a las propuestas de nuestros alumnos, se incluyen algunas sugerencias cuya puesta en escena se debería realizar en otra sesión:

- La fila se divide en dos. Mientras que los miembros de una de las mitades deben permanecer en su sitio, los integrantes de la otra se suben a sus espaldas. A continuación se repite la escenificación descrita anteriormente sobre la propagación de las ondas P o de las ondas S. Son, ahora, partículas más densas y por lo tanto la velocidad de propagación será menor.

- La fila debe ahora simular tanto la propagación de las ondas P como la de las ondas S, con dos modificaciones escénicas. En primer lugar, los alumnos hombro con hombro deben también, entrecruzar sus brazos de forma consecutiva. En segundo lugar, manteniendo la fila deberán separarse entre sí en una distancia ligeramente superior a la longitud de su brazo extendido hacia el hombro del siguiente compañero de la fila. Mientras que en el primer caso la velocidad de propagación de las ondas será mayor al atravesar un medio más “rígido”, en el segundo caso las ondas P viajarán más despacio al atravesar un medio menos “rígido” y las ondas S pueden llegar a desaparecer.

- Reorganizamos la fila pero en este caso mediante distintas combinaciones de las modificaciones descritas en los dos párrafos anteriores. Los alumnos detectan cambios de velocidad a lo largo de

la fila, lo que permite introducir el concepto de discontinuidad y la posibilidad de reconocer algunas características de los materiales que atraviesan. Se pueden realizar representaciones gráficas con los valores obtenidos.

La utilización didáctica de los modelos analógicos persigue alcanzar aprendizajes significativos. Este objetivo, se logra con mayor eficacia si se programa como diseños experimentales en una metodología de tratamiento y resolución de problemas (Álvarez, et al., 1996). Cuando a un alumno se le plantea una situación problemática se producen situaciones favorables para su aprendizaje. El profesor debe despertar en ellos la necesidad de resolver problemas y no solamente el deber de hacerlos (Jaén, 2000). En nuestro caso, los alumnos deben ser los guionistas de su propio papel y la función del profesor la de director de escena.

Por otro lado, como indican Sellés y Bonán (2000) es importante que la enseñanza se centre en reflexionar acerca de las semejanzas y diferencias entre el modelo didáctico y el modelo científico que ha sido analogado. Este aspecto es clave para identificar y corregir posibles errores que se transformarían en preconcepciones erróneas a la hora de construir sobre ellos. La analogía que proponemos en esta actividad está llena de inexactitudes y de ambigüedades, como por ejemplo el término de partícula o la forma de representar los enlaces, que indudablemente pueden llevar a nuestros alumnos a distintos errores conceptuales. No se pretende el diseño de un modelo científico de la naturaleza de la materia. Las simplificaciones didácticas del modelo, aunque puedan desvirtuar algunos aspectos de la teoría científica aceptada, son una estrategia necesaria para disminuir la demanda cognitiva del aprendizaje de estos fenómenos. El reto persigue la búsqueda de un sistema que permita presentar los contenidos de una forma más asequible para nuestros alumnos y lograr en

última instancia un aprendizaje significativo, especialmente cuando se analizan las gráficas de la velocidad de propagación de las ondas sísmicas. De todas formas, las inexactitudes pueden ser corregidas por nuestro compañeros de Física y Química, a los que hacemos partícipes a lo largo de este nivel o en cursos posteriores.

Por último, la actividad que planteamos facilita la dinámica de grupo y aspira a desencadenar una actitud más participativa en los alumnos y a conseguir que se dispare su curiosidad y el disfrute por el aprendizaje de nuestra materia, aunque sea a saltos, no siempre, bien acogidos.

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Cristina García y a José María Cañas la ayuda prestada en la corrección de este artículo y por las facilidades y la visión que de esta profesión pude percibir, cuando coincidimos en el I.E.S. José Luis Sampedro de Tres Cantos (Madrid).

## BIBLIOGRAFÍA

Álvarez, R. M. Y García de la Torre, E. (1996). Los modelos analógicos en Geología: implicaciones didácticas. Ejemplos relacionados con el origen de materiales terrestres. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 4. 2., 133-139.

Jaén, M. (2000). ¿Cómo podemos utilizar en geología el planteamiento y resolución de problemas? *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 8. 1., 69-74.

Lacreu, H. L. (1997). Transformando rocas. Simulaciones con un modelo analógico. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 5. 2., 124-130.

Sellés, J. Y Bonán, L. (2000). Problemas de enseñanza-aprendizaje del tema de mecanismos focales. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 8.1., 54-61. ■