

# 27 ENCUENTROS DE DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS EXPERIMENTALES

7, 8 y 9 de septiembre de 2016  
Badajoz

Organizan



Editor: Bravo Galán, J. L.  
ISBN: 978-84-617-4059-8

Colaboran



Métodos de enseñanza activos aplicados a las ciencias experimentales en el contexto de la enseñanza universitaria a distancia <i>González-Gómez, D., Gallego-Picó, A., Bravo, J. C., Garcinuño, R. M., García-Áviles, J., Muñoz, P. J., Fernández, P., Morcillo, M. J., Durand, J. S.</i> .....	1091
Contribuições das tecnologias da informação e comunicação para o ensino de ciências em um curso de formação de professores na modalidade semipresencial <i>Bonzanini, T. K., Moura, M. S. L.</i> .....	1099
Estratégias didáticas no ensino de ciências: a importância das aulas práticas <i>Moura, M. S. L., Bonzanini, T. K.</i> .....	1107
Las TIC como elemento vertebrador del aprendizaje relacional basado en proyectos en enseñanzas medias <i>Luque, F. J., Morante, F., Mendoza-Fernández, A. J., Martínez-Hernández, F., Mota, J. F.</i> .....	1113
Las TIC en la Educación Científica. Un Atlas Digital de Micología <i>Márquez, J. R., Villagrán, C. L., Suárez, P. G., Meneses, M. C., Escobedo, A. B., Zenteno, D.</i> .....	1121
Una experiencia didáctica en el aula a través del seguimiento de flora amenazada <i>Mendoza-Fernández, A. J., Salmerón-Sánchez, E., Pérez-García, F. J., Martínez-Hernández, F., Garrido-Becerra, J. A., Merlo, M. E., López de Haro, F., Luque, F. J., Morante, F., Mota, J. F.</i> .....	1129
Cambios en la percepción de la minería de pizarra. Una propuesta didáctica experimentada con alumnos de bachillerato <i>Míguez-Rodríguez, L. J., González, C., De Paz, C.</i> .....	1139
Investigamos sobre las abejas a través de una propuesta en el aula de educación infantil <i>Montero, B., Conde, M. C., Sánchez, J. S.</i> .....	1149
Las salidas didácticas en la formación inicial del profesorado de Educación Infantil <i>Morentin, M.</i> .....	1159
Resultados preliminares de satisfacción en asignaturas impartidas con contenidos en inglés en la Escuela de Ingenierías Agrarias (UEX) <i>Petrón, M. J., Pérez, F., Andrés, A. I., Timón, M. L.</i> .....	1167
Estrategias de internacionalización curricular en la Escuela de Ingenierías Agrarias (UEX) <i>Petrón, M. J., Timón, M. L., Pérez-Navado, F., Carrapiso, A. I., Gaspar, P., Martín, L., Andrés, A. I.</i> .....	1173
“Control de velocidad: ¿cómo detectar la velocidad de un coche en movimiento?”. La adquisición de competencias científicas a través de experimentos con sensores <i>Ramírez, J. R., Aguilera, T. L., Artigas, C., Bofill, S., Franch, P., Guitart, F., Mas, M., Ríos, C., Tortosa, M.</i> .....	1179
Educación Nutricional mediante trabajo colaborativo multidisciplinar con un enfoque Aprendizaje-Servicio <i>Romero-López, M. C., Jiménez-Tejada, M. P., González-García, F., Carrillo-Rosúa, F. J., Barón, S. D., Casas-Castillo, R., Ruiz-Rodríguez, L.</i> .....	1187
<i>Pósteres. Línea 2.</i> .....	1195
Análisis de las creencias pedagógicas y científicas de futuros maestros de infantil antes y después de una propuesta didáctica en torno a la alfabetización científica <i>Eugenio, M., Aragón, L., Jiménez-Tenorio, N., Vicente, J. J.</i> .....	1197
¿De dónde procede el magma que expulsan los volcanes? Experiencia piloto de una propuesta basada en el uso de pruebas para la formación inicial del profesorado de Educación Primaria <i>Fernández-Oliveras, A., Vilchez-González, J. M., Carrillo-Rosúa, J.</i> .....	1205
Propuestas didácticas de los futuros profesores de ciencias sobre la ciencia de la sostenibilidad <i>García, A., Castro, M. D., Domínguez, C., García, I., Tome, E.</i> .....	1213
Persistencia de concepciones alternativas sobre Electricidad en Maestros en Formación <i>González-Gómez, D., Airado, D., Jeong, J. S.</i> .....	1223

# Índice de Autores

<i>Abril, A. M.</i> .....	953, 1589	<i>Burgoa, B.</i> .....	781	<i>De Pro, A.</i> 65, 201, 271, 703, 1573, 1619	
<i>Acevedo-Díaz, J. A.</i> .....	13	<i>Caballero, M.</i> .....	417, 463, 1323	<i>De Pro, C.</i> .....	703
<i>Acqua, A.</i> .....	1411, 1475	<i>Cáceres, F. J. P.</i> .....	667	<i>Delgado, J.</i> .....	713
<i>Aguilar, D.</i> .....	479	<i>Cachapuz, A. F.</i> .....	7	<i>Díaz-Moreno, N.</i> .....	989
<i>Aguilera, T. L.</i> .....	1179	<i>Calderón, M.</i> .....	915	<i>Díez, J. R.</i> .....	31, 1427
<i>Aguirre, C.</i> .....	427	<i>Caminal, A.</i> .....	345, 675	<i>Do Carmo, C. M.</i> .....	1607
<i>Aguirre-Pérez, C.</i> .....	639	<i>Cañada, F.</i> .....	327, 695, 1541	<i>Domínguez, C.</i> .....	1213
<i>Airado, D.</i> .....	159, 411, 1223, 1403	<i>Carcelén, N.</i> .....	657	<i>Domínguez, J. M.</i> .....	487, 721, 729
<i>Alcahud, M.</i> .....	1525	<i>Carmona, G.</i> .....	1375	<i>Durán, H.</i> .....	675
<i>Alda, F. L.</i> .....	1419	<i>Carrapiso, A. I.</i> .....	1173	<i>Durand, J. S.</i> .....	1091
<i>Allué, J. R.</i> .....	713	<i>Carrasquer, B.</i> .....	1305, 1435, 1443	<i>Echevarría, I.</i> .....	1481
<i>Almagro-Fernández, M.</i> .....	437	<i>Carrasquer, J.</i> .....	445, 1305	<i>Elvira, J.</i> .....	1323
<i>Alvarado, C.</i> .....	167	<i>Carrillo-Rosúa, F. J.</i> .....	1187	<i>Embid, B.</i> .....	657
<i>Álvarez, G. J.</i> .....	1057	<i>Carrillo-Rosúa, J.</i> .....	1205	<i>Escobar, T.</i> .....	713
<i>Álvarez, M. V.</i> .....	445, 1305, 1435	<i>Carvajal-Salamanca, J. L.</i> .....	1263, 1381	<i>Escobedo, A. B.</i> .....	1121
<i>Amórtegui, E.</i> .....	175, 1389	<i>Casas, N.</i> .....	1481	<i>Escrivà-Colomar, I.</i> .....	209
<i>Andrés, A. I.</i> .....	1167, 1173	<i>Casas-Castillo, R.</i> .....	1187	<i>Escudero, J.</i> .....	831
<i>Aparici, V.</i> .....	1063	<i>Castelló, J.</i> .....	675	<i>España-Ramos, E.</i> .....	869
<i>Aragón, L.</i> .....	773, 1197, 1315	<i>Castro, M. D.</i> .....	1213	<i>Espinet, M.</i> .....	149
<i>Aragón-Méndez, M. M.</i> .....	13	<i>Ceballos, M.</i> .....	713, 1047	<i>Espírito-Santo, M.</i> .....	553
<i>Aragüés, A.</i> .....	559	<i>Charro, E.</i> .....	263, 797	<i>Esteban, R.</i> .....	813, 1071
<i>Arillo, M. A.</i> .....	303	<i>Charro, M. E.</i> .....	683	<i>Esterán, P.</i> .....	1305
<i>Ariza, M. R.</i> .....	953, 1589	<i>Charro-Huerga, E.</i> .....	683	<i>Esteve, P.</i> .....	183
<i>Arroita, M.</i> .....	31	<i>Cidre-Fernández, I.</i> .....	859	<i>Eugenio, M.</i> .....	1197
<i>Arsuaga, J. L.</i> .....	1047	<i>Coiduras, J.</i> .....	479	<i>Ezquerria, A.</i> .....	997, 1005
<i>Artacho-Cordón, F.</i> .....	1467	<i>Colomer, M.</i> .....	675	<i>Falicoff, C. B.</i> .....	729
<i>Artigas, C.</i> .....	1179	<i>Conde, M. C.</i> .....	1081, 1149	<i>Fernández, A.</i> .....	495, 1113, 1129, 1459
<i>Ayerbe, J.</i> .....	593	<i>Corbelle, J.</i> .....	487, 721	<i>Fernández, E.</i> .....	849, 877
<i>Azcárate, P.</i> .....	227	<i>Cordero, S.</i> .....	191, 559	<i>Fernández, L.</i> .....	1481
<i>Azinhaga, P.</i> .....	961, 969, 1533	<i>Cortés, A. L.</i> .....	379	<i>Fernández, M. J.</i> .....	649
<i>Balaguer, L.</i> .....	1063	<i>Cortés, J. M.</i> .....	427	<i>Fernández, P.</i> .....	1091
<i>Banet, E.</i> .....	1037	<i>Cortés-Simarro, J. M.</i> .....	639	<i>Fernández, R.</i> .....	427, 611
<i>Baños, I.</i> .....	183	<i>Costillo, E.</i> .....	495, 649, 877	<i>Fernández-Arroyo, J.</i> .....	933
<i>Bárcena, A. I.</i> .....	567	<i>Couso, D.</i> .....	235	<i>Fernández-González, M.</i> .....	505
<i>Barón, S. D.</i> .....	1187	<i>Criado, A. M.</i> .....	1333, 1343	<i>Fernández-Oliveras, A.</i> .....	1205, 1549
<i>Barrutia, O.</i> .....	1427	<i>Cruz-Guzmán, M.</i> .....	1333, 1343	<i>Fernandez-Sanchez, B.</i> .....	997
<i>Belmonte, M. R.</i> .....	453	<i>Cubero, J.</i> .....	877, 915	<i>Ferreira, J. C. D.</i> .....	1351
<i>Blanco, A.</i> .....	773	<i>Cuenca, J. M.</i> .....	543	<i>Ferrer, L. M.</i> .....	219, 287
<i>Blanco-López, A.</i> .....	869, 899	<i>Cuesta-López, M. P.</i> .....	979	<i>Forcadell, L.</i> .....	287
<i>Bofill, S.</i> .....	1179	<i>Dávila, M. A.</i> .....	649, 695, 1057	<i>Franch, P.</i> .....	1179
<i>Bonzanini, T. K.</i> .....	1099, 1107, 1239	<i>De Echave, A.</i> .....	219	<i>Franco-Mariscal, A. J.</i> .....	869
<i>Borrachero, A. B.</i> .....	649, 695	<i>De la Torre, A.</i> .....	831	<i>Franco-Mariscal, R.</i> .....	907
<i>Branca, M.</i> .....	1071	<i>De las Heras, M. A.</i> .....	21, 471, 1047	<i>Fuentes, M. J.</i> .....	311, 739
<i>Bravo, B.</i> .....	319	<i>De Miguel, J.</i> .....	479	<i>Gago, A.</i> .....	713
<i>Bravo, J. C.</i> .....	1091	<i>De Orta, A.</i> .....	21, 471	<i>Galindo-Cuenca, A.</i> .....	515
<i>Bravo, J. L.</i> .....	1541	<i>De Paz, C.</i> .....	1139	<i>Galindo-Durán, A.</i> .....	515
<i>Bravo-Torija, B.</i> .....	287, 657	<i>De Prada, P.</i> .....	1565		
<i>Bujeda, J.</i> .....	1443				

# ¿De dónde procede el magma que expulsan los volcanes? Experiencia piloto de una propuesta basada en el uso de pruebas para la formación inicial del profesorado de Educación Primaria

Fernández-Oliveras, A.,<sup>1</sup> Vílchez-González, J. M.,<sup>1</sup> Carrillo-Rosúa, J.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Dpt. de Didáctica de las Ciencias Experimentales. Uni. de Granada.

<sup>2</sup> Instituto Andaluz de Ciencias de la Tierra (CSIC-Uni. de Granada).

*alilia@ugr.es*

## RESUMEN

En este trabajo se muestran los resultados preliminares del pilotaje de una actividad basada en uso de pruebas, propuesta con la finalidad de combatir ideas erróneas sobre el interior terrestre, concretamente, sobre la localización del magma. La experiencia piloto se realizó con profesorado de Educación Primaria en formación inicial. En la actividad se presentan dos imágenes extraídas de libros de texto y se plantea la elección de aquella imagen que represente la localización del magma de forma más adecuada. Tras el análisis de una serie de pruebas, se pide a los estudiantes que reconsideren su elección de forma argumentada. Los resultados de la experiencia piloto muestran una buena evolución en lo que respecta a las ideas acerca de la localización del magma en el interior terrestre pues la imagen que representa el magma más adecuadamente pasó de ser minoritaria en la elección inicial de los participantes (31%), a mayoritaria en la elección final de estos (76%). La metodología empleada en la propuesta fue valorada positivamente por los participantes, quienes la encontraron útil tanto para su propia formación como para la de su futuro alumnado de Educación Primaria.

## Palabras clave

Experiencia piloto; Propuesta didáctica; Uso de pruebas; Interior terrestre; Geología.

## INTRODUCCIÓN

Existen dos modelos complementarios sobre el interior terrestre consensuados en el ámbito científico: el modelo geoquímico y el modelo dinámico, surgido de la teoría de la tectónica de placas. Actualmente se considera que los magmas que conforman las rocas ígneas se generan por fusión parcial en la corteza y el manto superior, especialmente en los 100 km más superficiales. La presencia de magma tiene un carácter muy puntual y está asociada a los límites de placas tectónicas, fundamentalmente. También se presenta en zonas correspondientes a estructuras tales como los puntos calientes, aunque su volumen es menor. Distintos trabajos ponen de manifiesto la existencia de ideas erróneas sobre el interior terrestre y el magmatismo muy arraigadas, no solo en el alumnado de todas las edades (Smith y Bermea, 2012; Capps, McAllister y Boone, 2013; Francek, 2013), sino también en el futuro profesorado de Educación Primaria (E.P.) y Secundaria (Dahl, Anderson, y Libarkin, 2005; Carrillo-Rosúa, Vílchez González, y González García, 2010; Carrillo-Rosúa, Vílchez-González y Fernández-Oliveras, 2014). Probablemente, la instrucción de tipo transmisor no favorece la evolución de dichas ideas

(Duit y Treagust, 2003). Por ello, consideramos necesario elaborar una propuesta de otro tipo y dirigirla a quién tendrá que atajar esta situación en el futuro: el profesorado en formación inicial.

El objetivo de la propuesta es, por un lado, intentar que los futuros profesores enriquezcan sus ideas acerca del magmatismo y, por otro, mostrarles de forma activa un ejemplo de enfoque metodológico no transmisor que favorezca la interpretación, la explicación y la argumentación en clave científica. Por ello, se escogió una metodología basada en el “uso de pruebas” haciendo a los docentes en formación partícipes de ella e invitándolos a hacer reflexiones, no solo de índole científica, sino también didáctica.

Se trata de fomentar una forma de enseñanza en la que el docente sea un orientador que favorezca la construcción de pensamiento y conocimiento científico escolar en su alumnado, intentando que este desarrolle la competencia científica a través de la argumentación, entendida como justificación mediante la cual se evalúan teorías o enunciados utilizando pruebas (para decidir qué explicación de un fenómeno natural es mejor y para convencer al resto de la comunidad). El enfoque argumentativo “supone un reconocimiento de que el trabajo científico tiene una dimensión experimental o empírica y otra dimensión discursiva, es decir, relacionada con leer, discutir o escribir sobre ideas científicas” (Jiménez-Aleixandre, 2011, p.139). De ahí su relevancia en un aprendizaje constructivista de las ciencias, en el que la importancia de ambas dimensiones está igualmente ponderada.

Como exponen Sanmartí y Marchán (2015), según el marco conceptual para las pruebas PISA 2015, que identifica la idea de ser competente en ciencias con la de alfabetización científica (OCDE, 2013), el estudiante científicamente competente tiene capacidad para involucrarse reflexivamente en temáticas relacionadas con la ciencia. Y, para ello, debe saber interpretar datos y pruebas así como explicar fenómenos científicamente. Es decir, analizar y evaluar datos, afirmaciones y argumentos, ofrecer explicaciones para fenómenos naturales, al igual que redactar conclusiones científicas adecuadas son habilidades que contribuyen al desarrollo de la competencia científica. Tales habilidades se potencian en la actividad cuyo pilotaje se muestra en este trabajo, fruto de la modificación de una propuesta anterior (Carrillo-Rosúa et al., 2014).

Además de la idea científica clave, el magmatismo, a través de las pruebas a analizar en la actividad, también se trata otro aspecto fronterizo entre la física y la geología: el campo magnético, que, pese a su reconocida importancia, suele abordarse muy superficialmente por la dificultad conceptual que entraña para los estudiantes a todos los niveles (Ramon-Sala, da Souza y Brusi, 2014). Abordar esta temática de una forma más aplicada, como puede ser a través del uso de pruebas, puede contribuir a que dichos conceptos no sean considerados tan abstractos y difíciles de comprender.

## **MÉTODO**

### **Participantes y contexto**

En el estudio participaron dos grupos de estudiantes de la Universidad de Granada del Grado en Maestro de E.P. (N = 51). La implementación tuvo lugar en el marco de las actividades de aula de la asignatura Didáctica de las Ciencias Experimentales I, del título mencionado, durante el curso académico 2015-2016.

### **Procedimiento**

La actividad propuesta, se presenta bajo el título: “¿De dónde procede el magma que expulsan los volcanes?” y consta de las fases que se describen seguidamente.

**Fase 0: ¿Qué sabemos del tema?**

Antes de empezar la actividad, se aborda la idea científica clave, el magmatismo, comenzando con la realización de un dibujo en el que los participantes plasmen su modelo del interior de la Tierra, incluyendo la localización del magma que es expulsado por los volcanes. Posteriormente, estos modelos se confrontarán con los de otros estudiantes, que se mostrarán tipificados en tres grandes grupos atendiendo a cómo incorporan la localización del magma. En el primer tipo se incluyen aquellos modelos que sitúan al magma en una capa completa y permanentemente fundida, localizada en el manto terrestre (Figura 1a). El segundo tipo incluye aquellos modelos que sitúan al magma en una capa completa y permanentemente fundida localizada en el núcleo terrestre (Figura 1b). Finalmente, el tercer tipo de modelos engloba al resto de opciones.

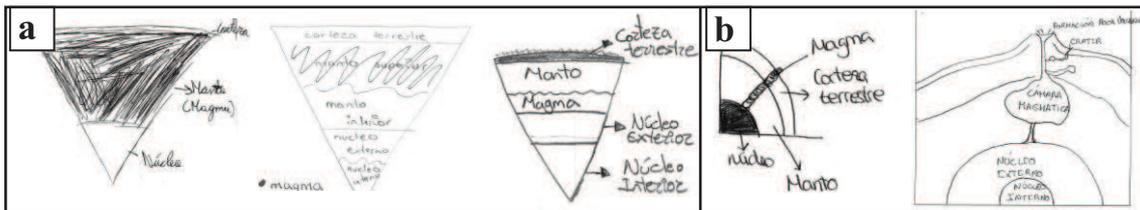


Figura 1. Ejemplos de modelos del interior terrestre en los que el magma procede de una capa fundida (líquida) localizada en el manto (a) o en el núcleo (b).

**Fase 1: ¿Cuál es el problema?**

Se plantea a los participantes la situación hipotética de preparar una presentación de diapositivas con fines didácticos que incluya una imagen representativa de la localización del magma en el interior terrestre. Se proporcionan dos imágenes procedentes de dos libros de texto, etiquetadas con las letras A y B (Figura 2). Se pide a los participantes que escojan razonadamente la imagen que consideren más adecuada, haciendo hincapié en que lo relevante es la localización del magma, para evitar que la elección atienda a otros aspectos representados en las imágenes.

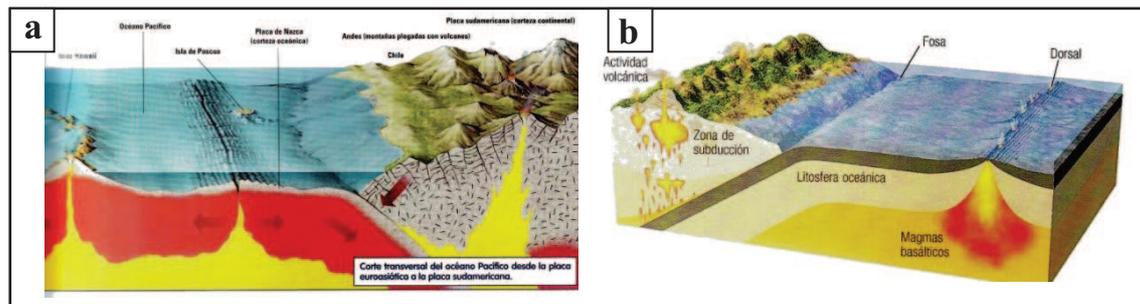


Figura 2. Imágenes de libros de texto: (a), Vicens-Vives -4º ESO, 1999; (b), SM 4º ESO, 2008).

La imagen 2A puede reforzar un modelo de la Tierra mal formado en el que se incluya una capa completa y permanentemente fluida que albergue el magma. La imagen 2B es más adecuada en lo que respecta a la representación del magma, pues en ella se observa cómo este se origina en zonas puntuales de la corteza y del manto asociadas fundamentalmente a los límites de placas tectónicas.

**Fase 2: ¿Cuáles son los datos y cómo los interpretamos?**

Seguidamente se proporcionan una serie de datos que los participantes han de interpretar para ir construyendo pruebas que les lleven a elaborar una conclusión como respuesta al problema planteado. Dichos datos se engloban en tres bloques:

### a) Comportamiento de ondas sísmicas

Todos somos conscientes de que en el interior terrestre hay magma, al menos en algunas zonas, pues los volcanes lo expulsan. Pero, ¿existe, como algunos defienden, una capa de magma en la geosfera? Para responder a esto se analiza una gráfica sobre el comportamiento de las ondas sísmicas en el interior terrestre (Figura 3).

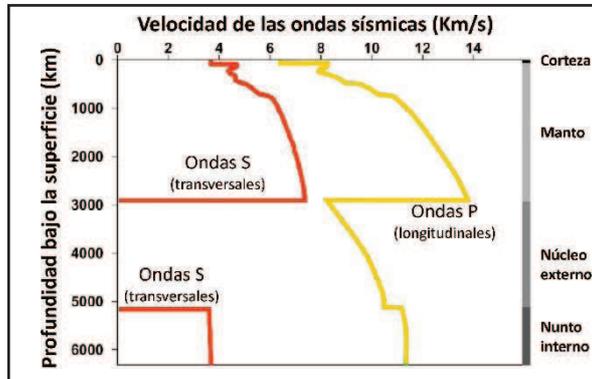


Figura 3. Gráfica sobre el comportamiento de las ondas sísmicas en el interior terrestre

En la gráfica de la Figura 3 se observa que las ondas P, longitudinales, se transmiten por todo el interior terrestre mientras que las ondas S, transversales, no lo hacen en el núcleo externo. Esto permite identificar al núcleo externo como la única capa de la geosfera que se encuentra completamente en estado líquido y de forma permanente<sup>1</sup>. Una vez analizada esta información, se insta a los participantes a que reconsideren su modelo del interior terrestre pidiéndoles que descarten los modelos de la tipificación mencionada anteriormente, que sean incompatibles con el resultado de dicho análisis. En este punto, aquellos modelos que sitúan al magma en una capa fundida localizada en el manto serán rechazados, pues de la interpretación de los datos se deriva que el manto es, globalmente, una capa sólida. También aquellos modelos que sitúen el magma en el núcleo interno se revelan inviables, pues dicha capa terrestre es asimismo sólida, merced a los resultados de esta prueba.

### b) Comportamiento de las brújulas

El análisis de la prueba anterior conduce a afirmar que la única capa permanentemente líquida de la geosfera es el núcleo externo, pero no asegura que dicha capa esté constituida por el magma que da lugar a los fenómenos volcánicos. Para saber de qué está formado el núcleo acudimos a las propiedades magnéticas de la Tierra.

Todos conocemos el comportamiento de una brújula: su aguja imantada unida a un eje perpendicular gira libremente en su plano y señala el norte terrestre. Pero, al acercar un imán, la aguja de la brújula cambia su orientación y se dirige hacia él. Entonces, ¿cómo tiene que ser el interior terrestre para funcionar como un imán? Para responder a la pregunta se proporciona el material que se muestra en la Figura 4a y se visiona un vídeo de elaboración propia, disponible en la dirección: <http://youtu.be/OACXblG4ppw>. Entre el material facilitado (Figura 4a) se incluyen *magnaprobos*, que son pequeños imanes de barra montados en un cardán de manera que pueden girar libremente en tres dimensiones. El fin didáctico de estos dispositivos es demostrar la naturaleza tridimensional de los campos magnéticos. Además, en el interior de algunas de las esferas de plastilina previamente se introdujo un imán. Manipulando los *magnaprobos* y las esferas de

<sup>1</sup> En [http://www.earthlearningidea.com/PDF/77\\_Spanish.pdf](http://www.earthlearningidea.com/PDF/77_Spanish.pdf) se puede consultar una analogía para comprobar cómo las ondas transversales no se transmiten en fluidos (último acceso 22-02-2016).

plastilina, puede identificarse la causa del magnetismo terrestre: debe haber otro imán en el interior de aquellas esferas de plastilina que modifican la orientación del pequeño imán del *magnaprobe* de la misma manera en que lo hace la esfera del vídeo visionado (Figura 4b). De igual modo, debe haber algún material que tenga las mismas propiedades magnéticas que un imán. Una posibilidad es que la capa líquida identificada en la creación de la prueba anterior esté formada por el metal que constituye los imanes convencionales: el hierro, que, al encontrarse fundido, pueda estar en movimiento.

### **b) Comportamiento de rocas ígneas**

El análisis de los datos anterior permite afirmar que el núcleo externo está compuesto por hierro, pero sigue sin asegurarse que dicha capa esté constituida por el magma que es expulsado por los volcanes. Para tratar de aclararlo, recurrimos al análisis de las propiedades magnéticas de las rocas ígneas, volcánicas y plutónicas, pues ambas están constituidas por magma solidificado aunque el ritmo de enfriamiento sea distinto. Para estudiar el posible magnetismo de las rocas ígneas se dispone de diversas muestras de dicho tipo de rocas, varios imanes de barra y *magnaprobos* (Figura 4c). Como “elementos de control”, también se proporcionan objetos cotidianos que son atraídos por los imanes, como llaves o auriculares.

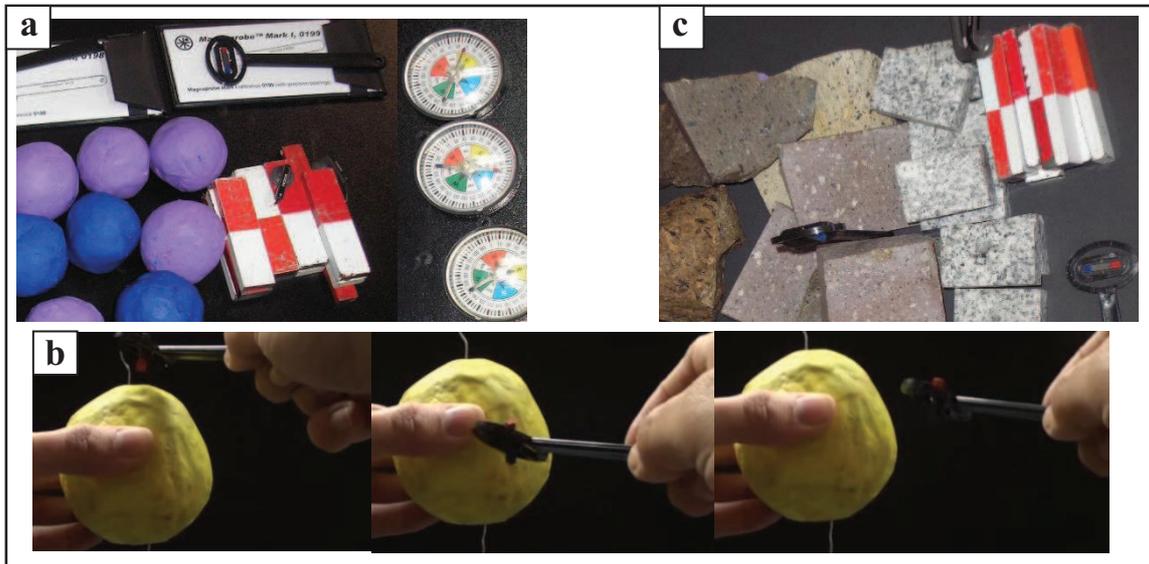


Figura 4. Material empleado en la fase 2.

Analizando el comportamiento de las rocas ígneas ante la proximidad de los imanes se infiere que dichas rocas no están compuestas de hierro, pues no son atraídas por los imanes (como sí lo son las llaves), ni modifican la orientación de los *magnaprobos* (como hacen los auriculares). La interpretación de esta prueba, combinada con la anterior, permite afirmar que las rocas ígneas no tienen la misma composición que el núcleo externo, por lo que el magma tampoco puede proceder de dicha capa terrestre. Una vez construida la prueba, se insta de nuevo a los participantes a que reconsideren su modelo del interior terrestre. Ahora se les pide que descarten, de los modelos compatibles con la interpretación de la primera prueba, los que sean incompatibles con el del análisis conjunto de las dos últimas pruebas. En este punto, aquellos modelos que sitúan al magma en una capa fundida localizada en el núcleo externo serán rechazados, pues de la interpretación de las pruebas se deriva que su composición no se corresponde con la del magma.

Así, la única posibilidad que queda es que el magma no se encuentre en zonas permanentemente fundidas del interior terrestre, sino que se forme en zonas localizadas (opción quizás no considerada).

### **Fase 3: ¿Qué conclusión extraemos?**

Después de la interpretación de las pruebas analizadas, se pide a los participantes que se replanteen su elección inicial entre las dos imágenes proporcionadas (Figura 2), justificando su decisión final. Para comprobar si la interpretación de las pruebas ha sido significativa para los participantes, se les pide argumenten acerca de la idoneidad de las imágenes proporcionadas desde el punto de vista de la representación de la localización del magma en base a las pruebas analizadas.

### **Fase 4: ¿Para qué nos sirve lo aprendido?**

Como tarea de metacognición, se pide a los participantes que reflexionen sobre la metodología didáctica seguida en la actividad realizada. En este sentido, se les pide que valoren por escrito la utilidad que consideran presenta el uso de pruebas para la toma de decisiones de forma científica, tanto en su propia formación como futuros docentes, como en la formación de sus potenciales alumnos.

### **Tipo de análisis**

Se mostrarán de forma cuantitativa los resultados preliminares del pilotaje de la actividad propuesta. En lo que respecta a las valoraciones de los participantes, el análisis realizado tiene como base el paradigma cualitativo-interpretativo y es de tipo descriptivo. Nos planteamos explicitar el pensamiento del profesorado en formación respecto a la metodología empleada, tras tomar parte activa de ella, dándole la palabra para que exprese sus reflexiones por escrito. Mediante la interpretación de lo expresado por los participantes, tratamos de visibilizar cómo ha sido su visión de la experiencia, que puede incidir en su formación docente inicial y en su futura acción profesional.

## **RESULTADOS**

Los resultados preliminares de la experiencia piloto llevada a cabo se muestran en la Tabla 1, donde se muestran las combinaciones de la elección inicial y final de las imágenes proporcionadas. Dichas combinaciones aparecen secuenciadas en orden decreciente según la proporción de participantes que optaron por ellas.

<b>Elección inicial → Elección final</b>	<b>N (%)</b>
Imagen A → Imagen B (más adecuada)	47
Imagen B (más adecuada) → Imagen B (más adecuada)	29
Imagen A → Imagen A	22
Imagen B (más adecuada) → Imagen A	2

*Tabla 1. Resultados del pilotaje de la actividad (N = 51).*

Se encuentra que la combinación más frecuente es la que corresponde a una inversión de la elección en sentido favorable, pasando de la imagen menos adecuada (A) a la más adecuada. Solo uno de los participantes invirtió su elección en un sentido desfavorable. El resto de participantes que inicialmente optaron por la imagen más idónea, corroboró su decisión tras el análisis de las pruebas. Aunque también existe un porcentaje significativo de participantes que, escogiendo la inicialmente la imagen menos acertada,

no modificó su elección. Por otro lado, un 12% de los participantes manifestó encontrar alguna dificultad en la realización de la actividad.

En términos generales, los resultados son satisfactorios pues la imagen más adecuada (B) pasó de ser la opción minoritaria (31%), a convertirse en mayoritaria tras la realización de la actividad (76%).

En la Figura 5 se muestra el resultado del análisis de contenido de las valoraciones de los participantes acerca de la metodología didáctica seguida en la actividad, recogiendo las categorías emergentes no excluyentes que se han generado, en orden decreciente según su frecuencia de aparición entre los participantes.

De las 28 categorías emergentes generadas relacionadas con la metodología seguida, solo a una de ellas pueden atribuirse connotaciones negativas: la referente al requerimiento de tiempo que supone. Aunque las opiniones al respecto no implican un rechazo a dicha metodología, más bien al contrario, llaman la atención de la necesidad de dedicar más tiempo a la preparación y la realización de actividades. Como ejemplo, transcribimos el discurso de uno de los participantes, que afirma: “Yo sí lo aplicaría en mis clases aunque pienso que antes de hacer este tipo de actividades se ha de preparar con tiempo para tener todos los materiales y demás, por ello al ser un trabajo mayor pienso que muchos docentes no lo aplican en el aula”.

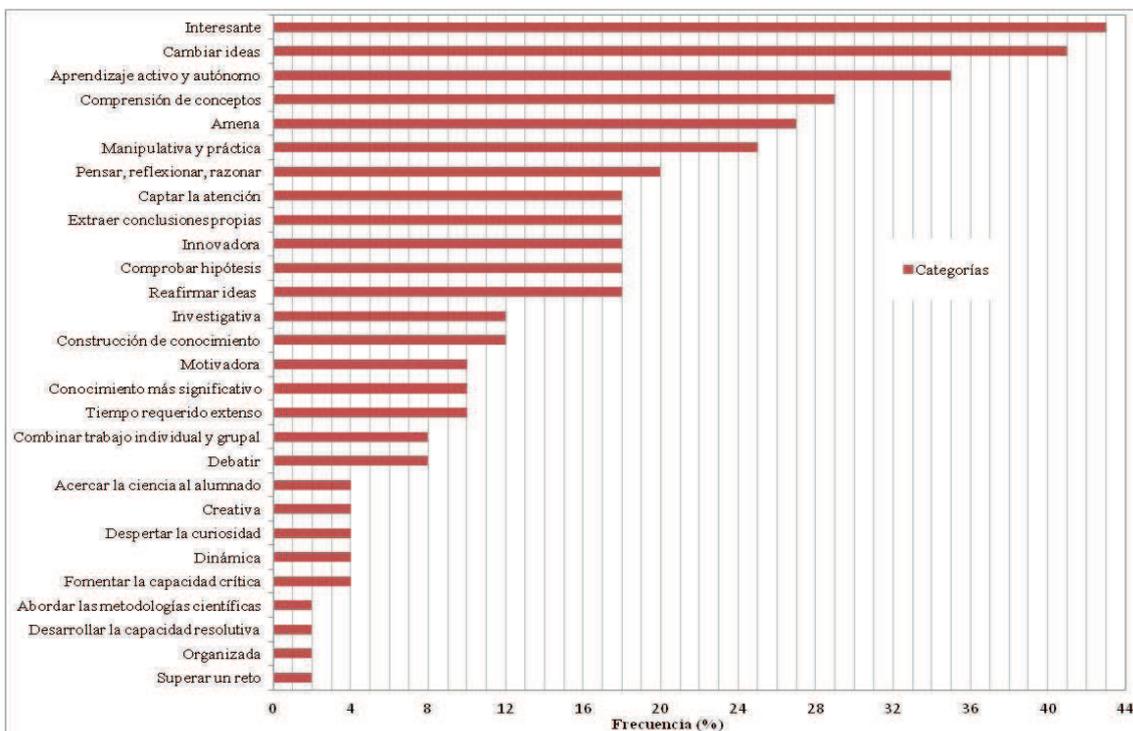


Figura 5. Listado de categorías (no excluyentes) resultado del análisis cualitativo de las valoraciones de los maestros de E.P en formación acerca de la metodología didáctica seguida.

En general, los participantes encontraron muy positiva la metodología empleada en la actividad realizada, tanto para su propia formación como para la de su futuro alumnado de E.P. Solo dos participantes afirmaron que no emplearían dicha metodología en las aulas de E.P. y otros dos puntualizaron que la utilizarían únicamente en tercer ciclo, si bien todos ellos la consideraron adecuada para su formación como maestros.

## CONCLUSIONES

Se ha realizado una experiencia piloto de una propuesta didáctica basada en uso de pruebas, para el estudio de la localización del magma en el interior terrestre, dirigida al profesorado de E.P. en formación inicial. Los resultados del pilotaje muestran una buena evolución en lo que respecta a las ideas acerca de la localización del magma en el interior terrestre pues la imagen que representa el magma más adecuadamente pasó de ser minoritaria en la elección inicial de los participantes (31%), a mayoritaria en la elección final de estos (76%). La metodología empleada en la actividad fue valorada positivamente por los participantes, quienes la encontraron útil tanto para su propia formación como para la de su futuro alumnado.

## AGRADECIMIENTOS

Se agradece al Grupo de Investigación HUM 613 (Junta de Andalucía).

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Carrillo-Rosúa, J., Vílchez González, J.M. y González García, F. (2010). Ideas previas en el alumnado de magisterio de educación primaria sobre el interior de la Tierra. En *II Congreso Internacional de DIDÁCTICAS. Libro de Actas*, (pp. 308\_1 - 308\_5).
- Carrillo-Rosúa, F.J., Vílchez-González, J.M. y Fernández-Oliveras, A. (2014). El interior terrestre y el origen del magma visto por profesorado en formación de Educación Primaria y Secundaria: punto de partida para una propuesta basada en el uso de pruebas. En de las Heras Pérez et al., (Coord.), *26 Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales* (pp. 858-865). Huelva: APICE, Uni. Huelva, UNIA.
- Capps, D. K., McAllister, M., y Boone, W. J. (2013). Alternative Conceptions Concerning the Earth's Interior Exhibited by Honduran Students. *Journal of Geoscience Education*, 61(2), 231-239.
- Dahl, J., Anderson, S.W. y Libarkin, J. (2005). Digging into Earth science: alternative conceptions held by K-12 teachers. *Journal of Science Education*, 12, 65-68.
- Duit, R. y Treagust, D. (2003). Conceptual change: a powerful framework for improving science teaching and learning. *International Journal of Science Education*, 25, 671-688.
- Francek, M. (2013). A compilation and review of over 500 geoscience misconceptions. *International Journal of Science Education*, 35(1), 31-64.
- Jiménez-Aleixandre, M. P. (2011). Argumentación y uso de pruebas: construcción, evaluación y comunicación de explicaciones en biología y geología. En P. Cañal (Ed.). *Didáctica de la Biología y la Geología* (pp. 129-150). Barcelona: Graó
- OCDE (2013). *PISA 2015. Draft science framework*.
- Ramon-Sala, L., da Souza, E. R., y Brusi, D. (2014). Descubriendo los secretos de la Tierra. Geomagnetismo: experimentos y demostraciones didácticas. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 22(2), 147.
- Sanmartí, N. y Marchán, I. (2015). La educación científica del siglo XXI: retos y propuestas. *Investigación y ciencia*, (469), 30-38.
- Smith, G. A., y Bermea, S. B. (2012). Using students' sketches to recognize alternative conceptions about plate tectonics persisting from prior instruction. *Journal of Geoscience Education*, 60(4), 350-359.