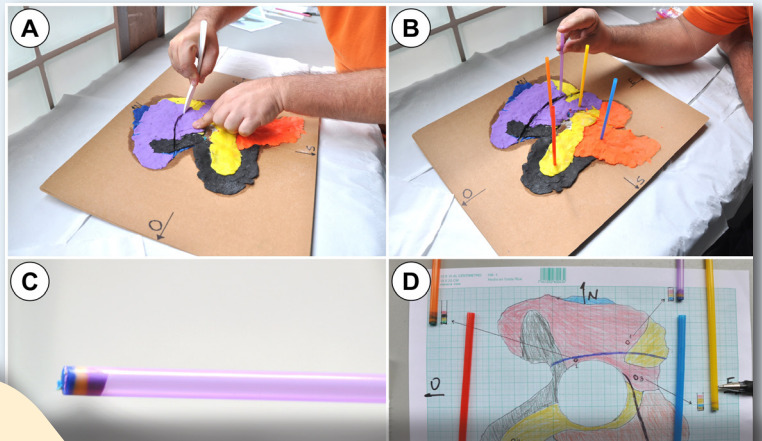


Cuaderno de actividades

compartiendo ideas, experiencias
y prácticas educativas

VOLCANES MARCIANOS VERSUS TERRESTRES

*Ángel Ortiz-García
Francisco José Perez-Torrado*



ANALOGÍA DIDÁCTICA ENTRE LA CRISTALIZACIÓN DEL FOSFATO MONOAMÓNICO Y LA TEXTURA DE LAS ROCAS ÍGNEAS

Una sencilla visión en un laboratorio de educación secundaria

*José Pedro López Pérez
Raquel Boronat Gil
Margarita Gómez Tena*



VOLCANES MARCIANOS VERSUS TERRESTRES

OBJETIVOS	MATERIALES
<ol style="list-style-type: none">1. Cartografía. Trabajar con los conceptos de orientación y escala tanto en maquetas 3D como en mapas 2D.2. Volcanismo. Simular erupciones efusivas repetidas en el tiempo desde un mismo foco eruptivo o desde varios.3. Tectónica de Placas. Comparar entre un planeta con Tectónica de Placas activa, como La Tierra, y otro carente de ella, como Marte.4. Estratigrafía. Aplicar el principio de superposición de los estratos y técnicas de correlación estratigráfica.5. Paleomagnetismo. Trabajar con el concepto de cambio de polaridad magnética y su utilización como técnica de correlación crono-estratigráfica.6. Tiempo geológico. Implícito en toda la actividad.7. Trabajo de investigación en Geología. Utilizar el método científico.	<ul style="list-style-type: none">• Cartón. Una plancha de unos 50 cm².• Papel milimetrado.• Papel secante.• Juego de reglas.• Rotulador permanente.• Lápices de colores.• Tijeras.• Plastilinas de colores.• Vasos de plástico.• Cucharas de café y cuchillos de plástico.• Pajitas transparentes.• Bicarbonato sódico• Vinagre.
CONTEXTO EDUCATIVO	DURACIÓN
<ul style="list-style-type: none">• Tanto en ESO como en Bachillerato, amoldando los objetivos al nivel requerido.• Trabajo en grupos pequeños.	<ul style="list-style-type: none">• 4 sesiones de unos 50 minutos cada una.
ESPACIO	
<ul style="list-style-type: none">• Laboratorios de Biología y Geología.	

Planteamiento del problema

Aprender Geología puede ser dinámico y divertido

Cuando se habla de Geología se suele pensar en algo tedioso y poco dinámico. Al fin y al cabo las rocas no se mueven por sí solas o al menos esa es la perspectiva que tenemos los humanos del mundo que nos rodea. Sin embargo, sabemos que esto no es así, simplemente la Geología va a otra velocidad. ¿Cómo podemos entonces convertir lo Geología en algo dinámico? La respuesta es sencilla, acelerando su proceso a una escala donde la podamos ver y sentir.

El otro problema que nos podemos encontrar es que la Geología se puede considerar como una ciencia antigua, ajena a la actual sociedad tecnológica. Sin embargo, cuando en los informativos nos asaltan noticias sobre exploración planetaria mediante

sondas robotizadas, en realidad nos están hablando de Geología, del conocimiento de los recursos y riesgos geológicos de esos planetas como posibles hábitats futuros de la humanidad.

Si combinamos ambas ideas e intentamos aprender cómo funciona nuestro planeta mirándolo desde el exterior, tal y como hacemos al enviar sondas, por ejemplo a Marte, tenemos algo que es actual y dinámico con lo que llamar la atención de nuestros estudiantes. Ese es el motivo por el que hemos diseñado esta situación de aprendizaje basada en una actividad de la sección de educación de la National Aeronautics and Space Administration (NASA).

Desarrollo de la actividad

El inicio de la actividad requiere dividir a la clase en dos mitades, que denominaremos como A y B. Dentro de cada mitad se hacen grupos heterogéneos de 3-4 miembros. Los grupos marcados con la A son los que simularán los volcanes terrestres y los marcados con la B, los volcanes marcianos. Una vez conformados los distintos grupos, se desarrolla la situación de aprendizaje mediante dos actividades distintas, cada una de las cuales presenta la misma duración y que hemos denominado:

1. Creando un volcán
2. Investigando un volcán

Primera Parte. Creando un volcán

En esta primera parte crearemos los dos tipos de volcanes que nos serán útiles para hacer la comparativa entre ellos. Es preferible hacer esta actividad en un laboratorio bien ventilado más que en un aula, debido a que las reacciones químicas que se van a provocar dejan un fuerte olor, además de que puede caer líquido al suelo. Para llevarla a cabo seguiremos los siguientes pasos:

- a. Cortamos la parte superior de un vaso de plástico, para que su altura sea de unos 2-3 cm.
- b. Situamos el vaso de plástico cortado en el centro de un folio de papel milimetrado y marcamos su perímetro en el mismo con un lápiz (*).
- c. Situamos el mismo vaso de plástico cortado sobre la plancha de cartón y le marcamos su perímetro con lápiz (*). Este vaso simulará el volcán y el cartón la superficie del terreno por donde discurrirán sus coladas de lava.

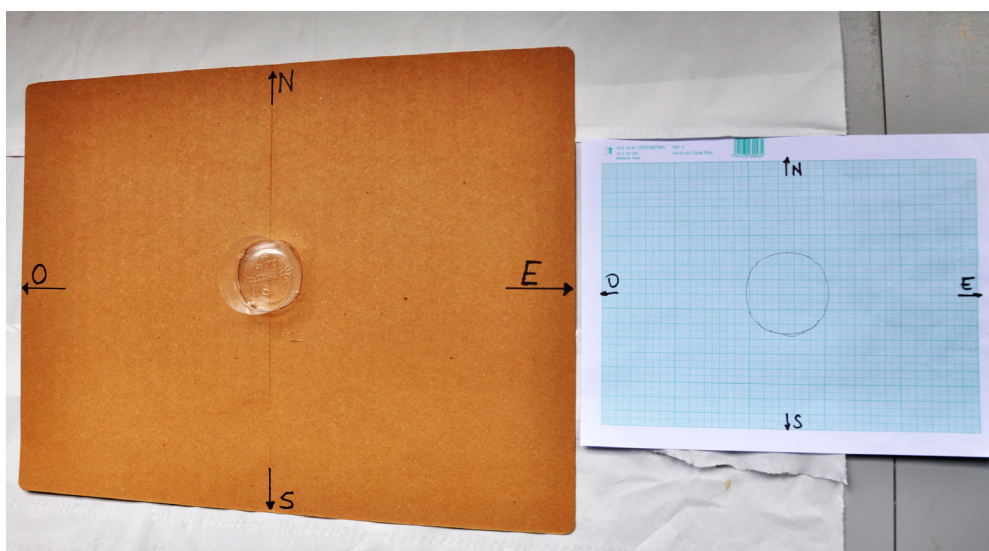


Fig. 1. Indicación de los 4 puntos cardinales tanto en la plancha de cartón como en el papel milimetrado.

d. Situamos los 4 puntos cardinales en el cartón y le damos la misma orientación geográfica al papel milimetrado (Fig. 1). Utilizamos para ello un rotulador permanente.

e. Definiremos el número de erupciones volcánicas que se van a simular y diseñaremos,

(*). Es recomendable que los trazados de los perímetros del "volcán" o "volcanes" y de sus respectivas "coladas de lava" tanto en el cartón como en el papel milimetrado se hagan siempre con el mismo color que le corresponda a la erupción simulada.

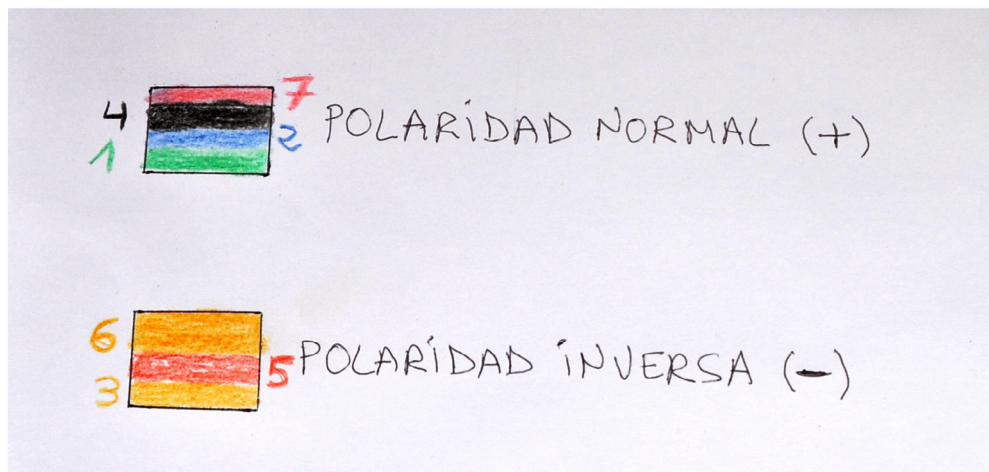


Fig. 2. Leyenda magnetoestratigráfica para un total de 7 simulaciones de erupciones volcánicas, 4 en épocas de polaridad magnética normal (o positiva) y 3 en épocas de polaridad inversa (o negativa). Las edades relativas de las erupciones se indican con los números (del 1 al 7).

- en el interior del vaso de plástico colocado en el centro de la plancha de cartón. A continuación, se verterá lentamente en el interior del vaso un poco de vinagre para desencadenar una reacción química que simulará una erupción volcánica.
- g. Cuando la "erupción" pare, observaremos que una o varias "coladas de lava" (el líquido producto de la reacción química) han surgido del volcán derramándose sobre la plancha de cartón en una o varias direcciones y ocupando cada una de ellas una determinada superficie.
 - h. Se dibujará entonces el contorno de esas superficies (Fig. 3a) y se reproducirá, manteniendo la escala, lo más similar posible (**) en el papel milimetrado (Fig. 3b).
 - i. Secaremos el líquido derramado sobre el cartón con papel secante. A continuación, se cubrirá el perímetro trazado con una capa de plastilina del color prefijado en la leyenda magnetoestratigráfica (Fig. 3c). El grosor de la capa de plastilina es aleatorio, explicándole al alumnado que en la naturaleza las coladas de lava tienen potencias (espesores) irregulares a lo largo de su trazado y diferentes de unas lavas a otras.
 - j. Con un lápiz de color similar al de la plastilina utilizada, se rellenará el área trazada en el papel milimetrado (Fig. 3d).
 - k. Repetiremos los pasos anteriores de acuerdo con el número de simulaciones eruptivas fijado al inicio (se aconseja un número de simulaciones entre 6 y 10). Entre simulación y simulación hay que limpiar siempre los residuos sólidos que quedan en el vaso de plástico que simula el volcán. Asimismo, en cada nueva simulación se puede jugar con las cantidades de bicarbonato sódico y vinagre para generar "erupciones pequeñas" o "grandes". Observaremos que los distintos "flujos de lava" irán inundando diferentes áreas en el cartón y/o se superpondrán a las "lavas" previas.
 - l. Los grupos que señalamos con la letra A (los que reproducen volcanes terrestres), colocarán un segundo vaso cortado al realizar la mitad de las coladas a una distancia de 3 cm del primero. Con ello se pretende simular la situación de placas litosféricas móviles, que es lo que ocurre en La Tierra. En esta situación se observará que la superposición de los flujos de lavas de erupciones de diferentes edades es más limitado y, en consecuencia, los diferentes volcanes no son capaces de apilar potentes sucesiones de sus materiales (en este caso, lavas).
 - m. Los grupos señalados con la letra B (los volcanes marcianos), harán todas las erupciones en un único vaso que mantendrá su ubicación constante. Simularán, por tanto, una situación de placas litosféricas estáticas, tal y como ocurre en Marte. De esta forma podrán observar como la superposición de los flujos de lava es muy amplia, llegándose a cubrir totalmente algunas de las lavas de las primeras erupciones. Por ello, el apilamiento es mucho mayor que en el caso anterior, generando sucesiones estratigráficas mucho más potentes (Fig. 4).

(**) Dependiendo del nivel educativo con el que se trabaje, del tiempo que se desee invertir en esta actividad y del grado de realismo que se quiera alcanzar, se puede solicitar al alumnado utilización de medidas geométricas (anchos, distancia máxima recorrida desde el foco, ángulo de orientación del eje de máxima distancia respecto del N geográfico, etc.) a la hora de cartografiar en el papel milimetrado el perímetro de la(s) colada(s) de lava de cada simulación eruptiva.

acorde a ese número, una leyenda magnetoestratigráfica con un código de colores representativos de la edad y del tipo de polaridad magnética reinante en cada erupción (Fig. 2). El código de colores que se establezca (por ejemplo, colores cálidos para las polaridades magnéticas positivas y colores fríos para las polaridades negativas) tiene que coincidir con los colores de las plastilinas disponibles.

f. Echaremos un par de cucharadas de bicarbonato sódico

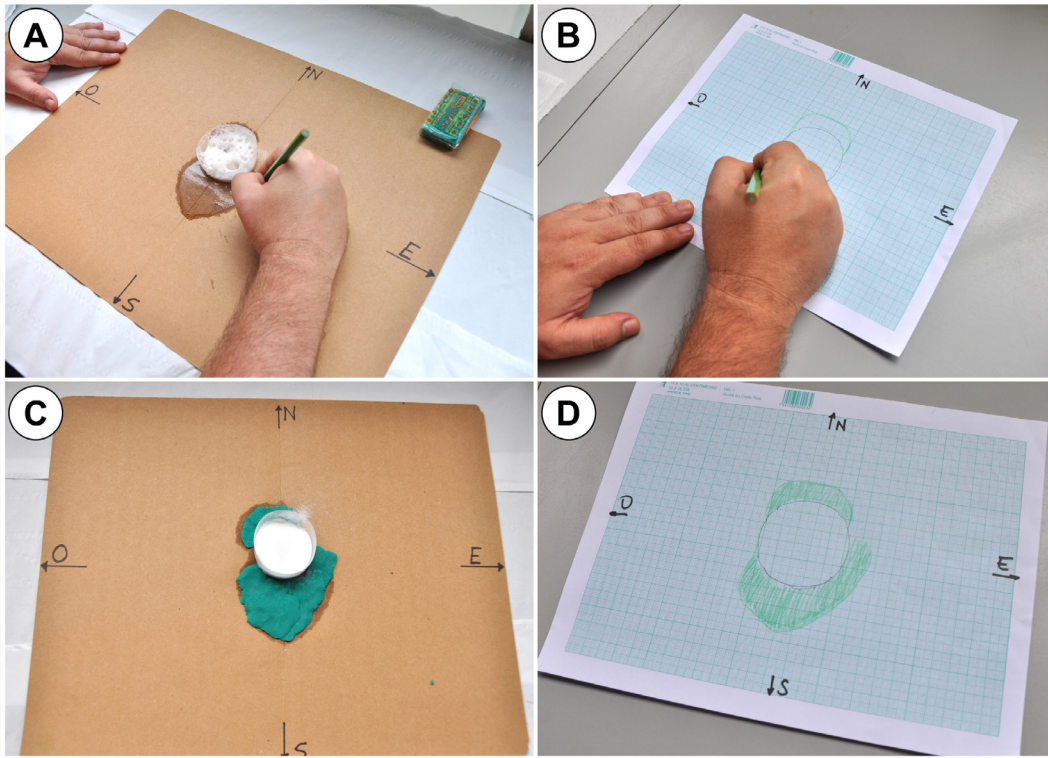
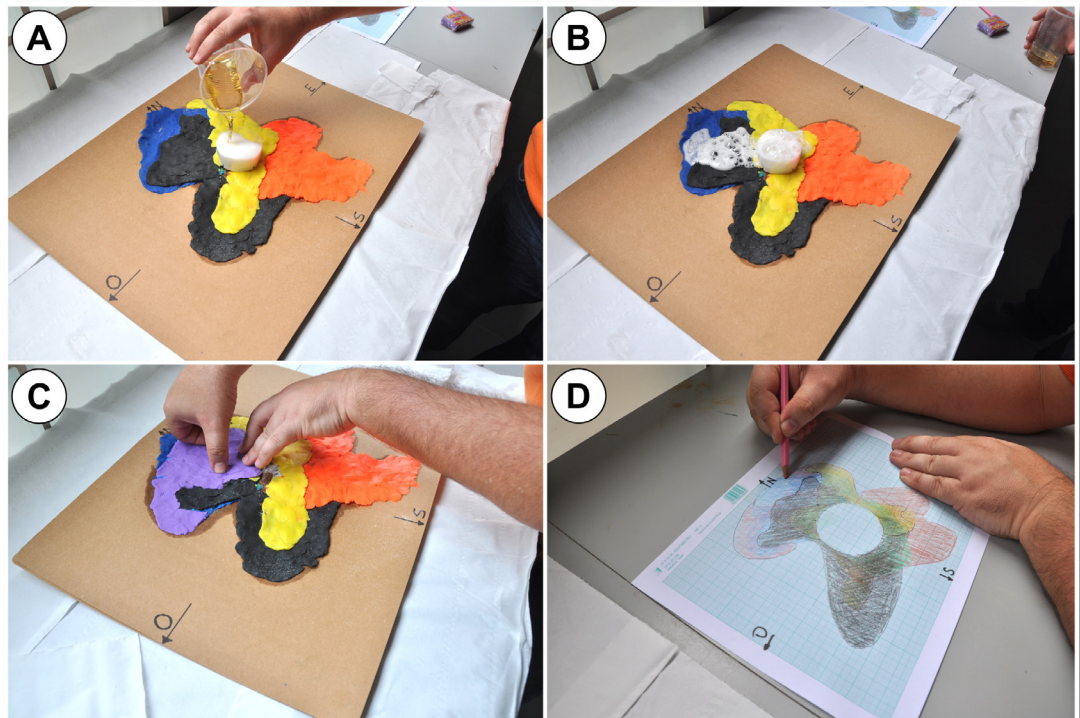


Fig. 3. Creando un volcán. A) Trazado en la plancha de cartón del contorno de uno de los "flujos de lava" surgidos en la primera erupción simulada. B) Cartografía en el papel milimetrado del "flujo de lava" observado en el cartón. C) Relleno con plastilina de color de la superficie cubierta en la plancha de cartón por los "flujos de lava" de la erupción simulada. D) Relleno con lápiz del mismo color que la plastilina en la hoja de papel milimetrado. El color de la plastilina y el lápiz deben ser los fijados en la leyenda magnetoestratigráfica de la figura 2.

- n. Cada grupo redactará una historia geológica que contemple los siguientes datos: número total de erupciones, orientación de las distintas coladas de lava, leyenda magneto-estratigráfica y determinación si el área volcánica está inmersa en un escenario de placas litosféricas móviles o estáticas, así como cualquier otra información que los estudiantes creen relevante (***)

(***) Si en el apartado h se han realizado medidas geométricas, podrán hacerse aquí sencillos cálculos de superficie cubierta por cada flujo de lava y hasta sus hipotéticos volúmenes.

Fig. 4. Finalización de todas las erupciones en un volcán marciano, es decir, siempre desde un mismo foco eruptivo inmóvil. Se observará como el volcán ha ido creciendo continuamente, sus coladas se apilan generando sucesiones de mayor potencia y las coladas jóvenes pueden cubrir por completo a las más viejas. A) Última simulación. B) El líquido de esa última reacción se superpone a "coladas de lavas" más antiguas y también se expande ocupando nueva superficie. C) Relleno con la última capa de plastilina de la superficie total ocupada por el anterior líquido y observación del crecimiento de la sucesión volcánica. D) Mapeo de la última colada de lava cubriendo en gran medida a las anteriores de la misma vertiente del volcán.



Segunda Parte. Investigando un volcán

En esta parte simularemos un mapeado y un ejercicio geológico de campo. Puede llevarse a cabo tanto en el aula como en un laboratorio. Se trata de reproducir los primeros pasos que hacen los geólogos cuando cartografían e interpretan la historia geológica de un área: reconocimiento de imágenes del área de estudio (satelitales, fotografías aéreas, ortofotos y mapas topográficos), trabajo sobre el terreno, reconocimiento de los afloramientos de los distintos materiales, testificación de sondeos y recolección de muestras. Esta misma metodología se está haciendo con los satélites y artilugios robóticos que están siendo enviados a Marte.

Esta segunda parte de la actividad está diseñada para practicar la metodología científica. Se trata, por tanto, de observar, comparar, coger datos y analizarlos. Ello estimulará la creación de nuevas preguntas, de establecer hipótesis y de poner a prueba e interpretar secuencias que son importantes para la práctica científica. Para ello, cada uno de los grupos de alumnos hará los siguientes pasos:

- a. Deberán investigar y mapear un volcán con una historia geológica desconocida, para lo cual los distintos grupos intercambiarán sus maquetas 3D (la plancha de cartón con las capas de plastilina) entre sí (por ejemplo, los grupos de volcanes marcianos con los grupos de volcanes terrestres). Los mapas originales 2D (el papel milimetrado pintado) correspondientes a cada una de las maquetas, los guardará el profesor hasta la puesta en común del final de la actividad.
- b. Con su nuevo volcán los estudiantes de cada grupo deberán actuar como geólogos. Así que deberán determinar su historia geológica y compararla al final de la actividad con la escrita por el grupo original que realizó la maqueta.
- c. En primer lugar deberán orientar un papel milimetrado de acuerdo con la maqueta que se les ha suministrado. Una vez orientado, deberán realizar una cartografía geológica lo más precisa posible y siempre guardando la escala de las capas visibles (las que afloran en el terreno). El código de colores de las capas que dibujen debe ser el mismo que observen en las capas de plastilina.
- d. Al terminar la cartografía se darán cuenta de que hay muchos detalles que no pueden ver desde la superficie, incluso posibles capas totalmente ocultas.
- e. Al llegar a este punto haremos un alto en la clase, para ver qué se les ocurre para poder investigar aquello que no se puede ver y establecer similitudes con casos reales. Surgirán ideas en el alumnado sobre procesos naturales (erosión fluvial, terremotos, etc.) y antrópicos (sondeos, cortes de carretera, etc.) que permitan dejar al descubierto (aflorar) capas antiguas sepultadas.
- f. Tras este debate, haremos que los diferentes grupos ideen planes para poder investigar las distintas capas de su volcán, incluidas las sepultadas. Para ello, al igual que en la vida real, no podrán poner en práctica todas las acciones que se les ocurran, sino que se les limitará a una serie de ellas como:
 - i. Hacer un corte a lo largo de todo el volcán de 1 cm de profundidad que simule un río.
 - ii. Hacer otro corte, también de 1 cm de profundidad, por la falda de una vertiente que simule una carretera hecha por el hombre (Fig. 5a).
 - iii. Un corte longitudinal en otra parte del volcán que simule una falla con desplazamiento del terreno.
 - iv. Con la información superficial y la observada en estos cortes naturales y antrópicos, deberán escoger 5 puntos donde realizarán sondeos con recuperación de testigos. Para ello se valdrán de las pajitas transparentes (Fig. 5b y 5c).
- g. Deberán dibujar en el papel milimetrado las columnas estratigráficas (a escala) que observen en los testigos de los sondeos (las pajitas), colocándolas de acuerdo con la ubicación de cada sondeo (Fig. 5d).
- h. Con la información obtenida en la cartografía superficial, más la observada en los cortes y los testigos de sondeos, deberán establecer correlaciones estratigráficas e intentar determinar el número total de capas y el orden cronoestratigráfico de todas ellas. Además, gracias al código de colores que habrán empleado para las distintas épocas de polaridad magnética, tendrán que determinar también el orden magnetoestratigráfico.
- i. Deberán entonces redactar la historia geológica del área volcánica estudiada que contemple, en la medida de lo posible, los mismos datos indicados en el apartado n) de la primera parte de la actividad (creando un volcán).
- j. Por último, el profesor les proporcionará el mapa y la historia geológica realizada por el grupo original para que puedan compararlas con sus historias y mapa. Comprobarán entonces el grado de coincidencia y la práctica imposibilidad de que esa coincidencia sea total. De esta forma podrán valorar mejor la dificultad que los geólogos tienen a la hora de interpretar información del subsuelo.

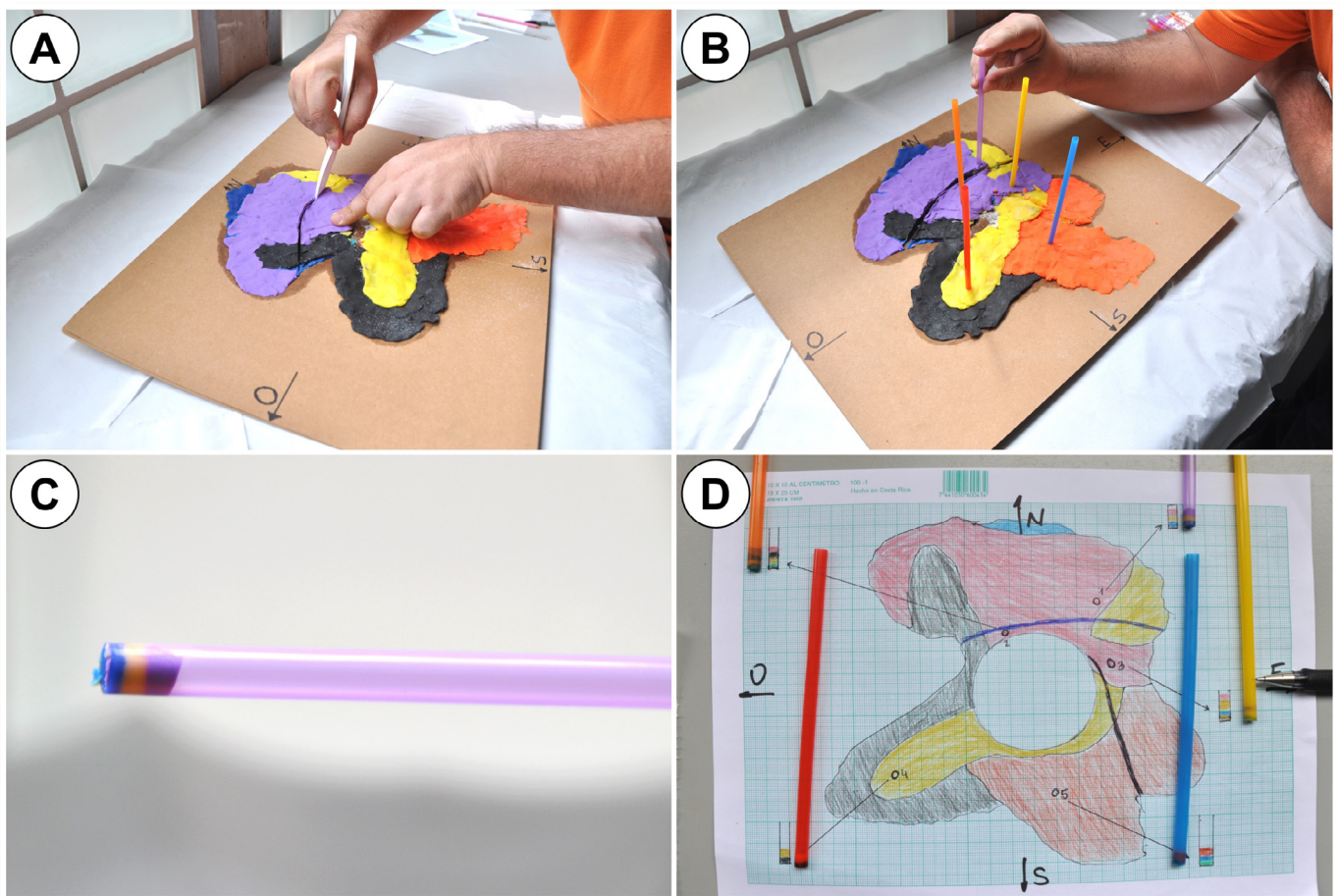


Fig. 5. Investigando un volcán. A) Simulación de un corte de carretera que permitirá separar un fragmento de la maqueta donde observar la distribución de las capas cortadas. B) Diseño de 5 sondeos con recuperación de testigos. Para ello utilizaremos las pajitas transparentes que hundiremos en la maqueta hasta tocar el cartón. C) Observación de la columna estratigráfica de uno de los testigos de sondeo. D) Dibujo de las 5 columnas estratigráficas (a escala) correspondientes a cada sondeo, indicando la ubicación de los mismos.

Consideraciones Finales

Hay una serie de consideraciones que creemos deben tenerse en cuenta para que la actividad presentada pueda dar resultados óptimos y que se exponen a continuación.

1. Pueden plantearse trabajos complementarios post-actividad, tales como un cuestionario que cada alumno/a deba resolver de forma individual y que requiera la búsqueda de información en páginas web recomendadas por el profesorado. Este cuestionario individual puede evaluarse atendiendo a una rúbrica previamente establecida por el/la docente.
2. Hay un peligro en la simulación de una erupción volcánica mediante una reacción química, tal y como establecen Ramon-Sala y Brusi (2015). Este peligro reside en que los alumnos creen que una erupción volcánica es el fruto de una reacción química que genera un líquido (el magma) que puede llegar a ascender a la superficie y derramarse a modo de flujos de lava. Por ello, habrá que hacer continuamente hincapié en que esta simulación mediante reacción química de dos sustancias solo persigue efectos cartográficos y logísticos (permite hacer las simulaciones en poco tiempo), pero que no se acerca a la realidad. Una erupción volcánica es el fruto de un proceso de fusión parcial de rocas localizadas a gran profundidad en el subsuelo (la mayoría de las veces, rocas del manto terrestre), es decir, es un proceso térmico, no químico.

Por ello, aunque las analogías son de gran utilidad didáctica, el profesorado debe estar atento a que no se produzca un deslizamiento cognitivo en el alumnado, de modo que conviertan la analogía en objeto de enseñanza-aprendizaje. Hay que

conseguir que el alumnado identifique que tienen en común la analogía y la realidad, donde se distancian, que evalúen su validez, que planteen mejoras, etc. Si la analogía se transmite acriticamente, el riesgo de banalizar el conocimiento que adquirirá el alumnado será muy alto.

3. Dependiendo del nivel educativo en el que se vaya a plantear esta situación de aprendizaje, del número de potenciales objetivos que se quieran desarrollar, del nivel de complejidad con medidas geométricas y del tiempo total disponible, el número de sesiones puede variar, reduciéndose a 2 sesiones o ampliándose a más de 4.

Referencias

- NASA: www.jpl.nasa.gov/edu/teach/activity/lava-layering-making-and-mapping-a-volcano/
- Ramon-Sala, L. y Brusi, D. (2015). Erupciones en el laboratorio. Modelos analógicos de los peligros volcánicos. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 23.1, 96-106.

Se recomienda también la lectura de las siguientes publicaciones:

- Aulinas Juncà, M., Rodríguez-Gonzalez, A. y Planamugà Guàrdia, Ll. (2015). Los volcanes en la red (www): la enciclopedia del siglo XXI. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 23.1, 107-120.
- Brusi, D. (2008). Simulando catástrofes. Recursos para la enseñanza de los riesgos naturales. *Alambique*, 55, 32-42.
- Pujadas, A. (1999). Volcanes en la red. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 7.3, 275-277.

Autores



Ángel Ortiz-García.

Licenciado en Física. Maspalomas (Gran Canaria). ghirkhan@gmail.com



Francisco José Pérez-Torrado.

Instituto de Estudios Ambientales y Recursos Naturales (i-UNAT), Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. franciscojose.perez@ulpgc.es