

LA FORMACIÓN DE OCEANOS Y CADENAS DE MONTAÑAS A PARTIR DE MODELOS ANALÓGICOS: MAQUETAS Y NUEVOS MATERIALES

Ocean and mountain belt formation from analogue modelling: Mock-up and new materials

M^a Isabel Murcia López (*) y Ana Crespo-Blanc (**)

RESUMEN

Los modelos analógicos en Laboratorio permiten reproducir a pequeña escala procesos geológicos que acompañan la formación de océanos o de cadenas de montañas. En este artículo, se describe la construcción de maquetas a partir de modelos analógicos obtenidos a partir de arena con un mini-Laboratorio, descrito en artículos anteriores. Estas maquetas, que son realmente lonchas de modelos solidificados con gelatina, son muy útiles como recurso didáctico en el aula. Además, se describe el uso de un material analógico alternativo a la arena, mucho más simple de conseguir, el azúcar blanco.

ABSTRACT

Analogue modelling in Laboratory permits to simulate at small-scale geological processes that accompanied the formation of oceans or mountain belts. In this paper, the construction of mock-ups is described. These results from the solidification from analogue models made of sand with a "mini-Laboratory" described in previous papers. These mock-ups, which in fact are slices of the models hardened with jelly, are very useful in the classrooms as didactic support. Moreover, the use of a new analogue material, alternative to the sand is described. It is white sugar, much easier to obtain than sand.

Palabras clave: Modelos analógicos, fallas normales, cabalgamientos, maquetas, azúcar, océanos, cadenas de montañas.

Keywords: Analogue models, normal faults, thrusts, mock-up, sugar.

INTRODUCCIÓN

A menudo el estudio de la Geología en los niveles de Enseñanza Secundaria, ESO y Bachillerato, resulta difícil y poco atractiva para el alumnado. En particular, el estudio de las deformaciones de la corteza (pliegues, fallas y cabalgamientos) suele abordarse de un modo esquemático, consistente en una descripción muy teórica y alejada de la realidad, que en el mejor de los casos va acompañada de unas cuantas fotografías de campo. La utilización de modelos analógicos como método para las enseñanzas de las estructuras geológicas permite romper la artificialidad de los esquemas habituales realizados en la pizarra: condensan un proceso que dura millones de años en unos pocos segundos, y reducen las cadenas de montañas o los océanos a unos pocos centímetros (Durán Gilabert et al., 1990; Meléndez, 1991; Liesa et al., 1997; Fonseca et al., 2001, Barreiras et al., 2006).

El "mini-Laboratorio" con el que se pueden realizar estos experimentos está descrito en un par de artículos, el primero relativo a la formación de sistemas de cabalgamientos (Crespo-Blanc y Luján, 2004) y el segundo en relación con el desarrollo de

sistemas de fallas normales (Crespo-Blanc y Murcia López, 2006). El resultado experimental de modelos realizados con arena se ilustra en la Figura 1A y 1B. Además, ambos artículos comparan los resultados de los modelos con casos naturales. Finalmente, cabe destacar que se puede ampliar información viendo animaciones de estos experimentos en la página web del Laboratorio de Modelizaciones Analógicas del departamento de Geodinámica de la Universidad de Granada (www.ugr.es/~geodina/).

En este artículo, complementario a los anteriormente citados, se describen actividades sobre varios experimentos realizados con el "mini-Laboratorio". En la primera parte del trabajo se describe este recurso didáctico: maquetas a partir de modelos analógicos realizados en arena. Estos modelos permiten disponer de un material didáctico en el aula o laboratorio para trabajar con el alumnado los conceptos y metodologías propios de los estudios geológicos. En la segunda parte, se describe el uso de un material analógico alternativo a la arena, el azúcar blanco, que se puede colorear con pimentón, y el café molido. Estos materiales son mucho más simples de conseguir, y los resultados experi-

(*) IES El Temple; Clavelitos s/n, 18130 La Malahá (Granada)

(**) Dpto. de Geodinámica-IACIT; Universidad de Granada-CSIC; Facultad de Ciencias, Campus de Fuentenueva s/n, 18071 Granada. e-mail: acrespo@ugr.es

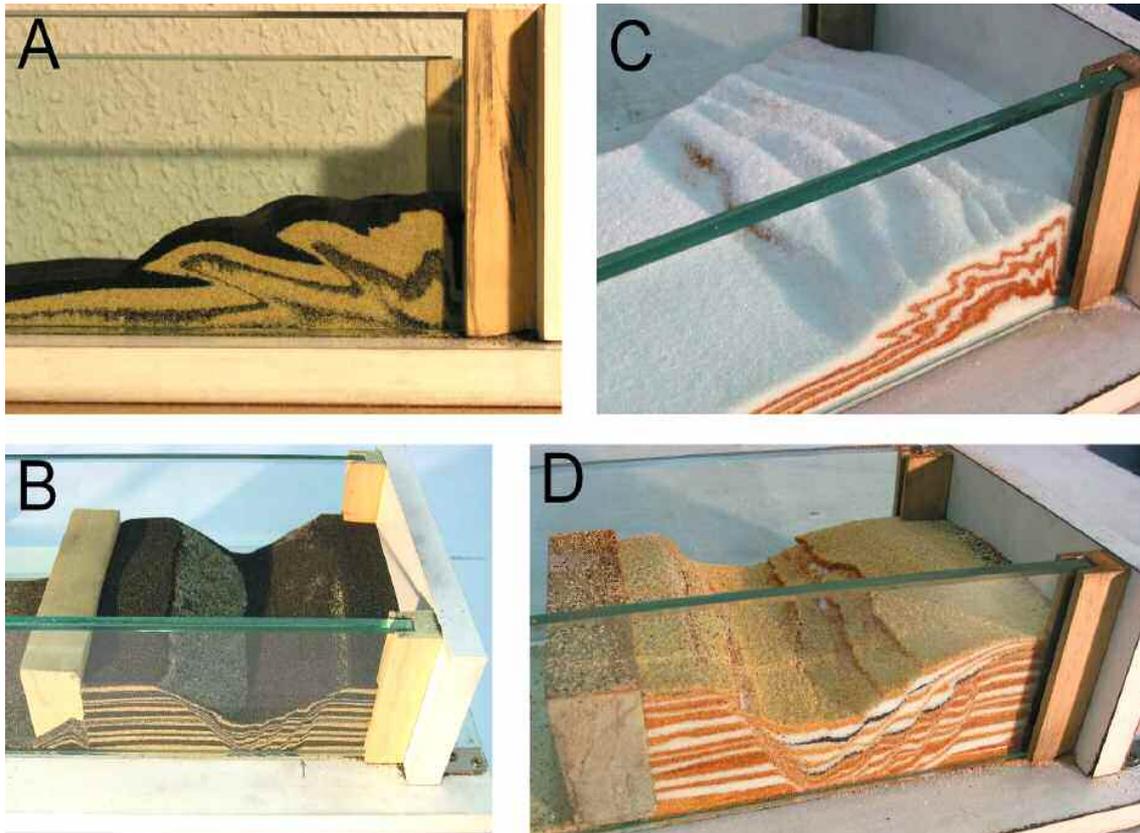


Fig. 1. Sistemas de cabalgamientos (arriba) y sistemas de fallas normales (abajo) realizados con el “mini-Laboratorio”, con arena (A y B) o azúcar (C y D). En el modelo en extensión realizado con azúcar, la capa muy oscura que aparece es café que no se ha utilizado en el modelo en compresión (C).

mentales son muy semejantes a los que se realizan con arena.

Cabe destacar que tanto el “mini-Laboratorio” como las maquetas están al alcance de cualquier laboratorio de un Centro de Enseñanza Secundaria, ya que se utilizan materiales baratos y fáciles de conseguir.

MÉTODO PARA REALIZAR MAQUETAS

Se parte de algunos de los modelos realizados con el “mini-Laboratorio” y que simulan la formación de cadenas de montañas (sistemas de cabalgamientos) o la de océanos (sistemas de fallas normales). Estos modelos realizados con arena se van a solidificar con gelatina de repostería, siguiendo el procedimiento que se describe a continuación.

Preparación de la gelatina

La gelatina que se utiliza para solidificar los modelos es la misma que se utiliza para repostería y que se puede adquirir en cualquier comercio de alimentación. Para preparar la disolución, se siguen al pie de la letra las instrucciones de preparación que aparecen en el paquete, pero teniendo en cuenta que la concentración de gelatina disuelta en agua debe

ser doble de la indicada. La cantidad necesaria para saturar el modelo depende obviamente de su tamaño. Es suficiente entre 0,5 a 0,75 litros para el sistema de cabalgamientos (45 cm de largo por 15 cm de ancho por 1,5 cm de altura para el paralelepípedo inicial sin deformar) y 0,75 a 1,0 litro para el modelo de fallas en extensión (13 cm de largo por 15 cm de ancho por 7 cm de altura para el paralelepípedo inicial sin deformar).

Saturación del modelo

Antes de proceder a verter la solución de gelatina sobre el modelo, es necesario protegerlo del arrastre superficial de arena. Para ello, se cubre toda la superficie del modelo con una capa de papel higiénico (Fig. 2). A continuación se vierte la disolución de gelatina poco a poco, procurando hacerlo de manera suave y uniforme. Es muy importante que los poros de la arena estén totalmente saturados, por lo que habrá que verter gelatina hasta que empiece a salir el exceso de disolución por debajo de los laterales de la mesa de experimentación. Se retira con cuidado el papel higiénico que se colocó en la superficie del modelo, después de un cuarto de hora aproximadamente, lo que deja tiempo para limpiar los alrededores de la mesa (una vez seca, es más difícil de quitar la gelatina).



Fig. 2. Saturación con una disolución de gelatina, de un modelo de pliegues y cabalgamientos realizado con arena. Observe como se ha tomado la precaución de proteger la superficie del modelo con papel higiénico. Las partes más oscuras del modelo son las saturadas en gelatina.

Secado preliminar y desmolde

El secado preliminar y el corte en loncha del modelo es una etapa delicada. En efecto, el modelo se seca lo justo como para poder manipularlo y sacarlo de la mesa de experimentación, pero aún no está solidificado del todo, por lo que se requiere especial cuidado para que no se rompa.

El tiempo necesario para este secado preliminar depende del espesor del modelo. Para el modelo de cabalgamientos se necesita al menos media hora, mientras que para el modelo de fallas normales, al ser de mayor espesor, se requiere entre 45 y 60 minutos. Estos tiempos son aproximados y dependen de la temperatura ambiente. Es muy importante elegir un lugar aireado y fresco, nunca expuesto al sol pues la descomposición de la gelatina es relativamente fácil y produce malos olores. Si se dispone de un frigorífico suficientemente amplio, en el que pueda caber el mini-Laboratorio entero con el modelo saturado en gelatina, el tiempo de secado preliminar se reduce a la mitad.

Transcurrido el tiempo necesario para este secado preliminar se procederá a desmoldar el modelo de arena del "mini-Laboratorio". Si se observa cualquier rotura del modelo a pesar del tiempo transcurrido, significa que este aún no es suficientemente sólido para desmoldarlo, y hay que prolongar el tiempo de secado preliminar. Para desmoldarlo, se quita en primer lugar los vidrios laterales del "mini-Laboratorio", despegando el modelo con un cuchillo de cocina de punta fina. Luego, se despega de la misma manera la parte trasera del modelo, y finalmente, su base.

Corte en lonchas del modelo y secado definitivo

Una vez desmoldado, el modelo está suficientemente duro para manejarlo con cuidado pero aún suficientemente blando como para poder cor-

tarlo en lonchas de aproximadamente 1cm de espesor. Se cortan con un cuchillo de cocina (Fig. 3), y se colocan sobre un cartón que absorbe la humedad.



Fig. 3. Cortes en lonchas del modelo parcialmente endurecido con gelatina, lo que permite tanto desmoldarlo como cortarlo con un cuchillo de cocina. Este ejemplo corresponde a un sistema de cabalgamientos.

Se meten las lonchas sobre su correspondiente trozo de cartón en un congelador durante 24 horas. Al sacarlas del congelador, se colocan las lonchas, ahora totalmente solidificadas sobre otro cartón limpio y seco y se dejan secar del todo, durante al menos dos o tres días. De vez en cuando es recomendable cambiar el cartón de debajo, hasta que no quede ninguna huella de humedad. Así, se consiguen lonchas perfectamente endurecidas que se pueden utilizar como recurso didáctico (Fig.4). Se aconseja no poner barniz, ni otro producto parecido, ya que, además del riesgo de disolución de los tintes de pintura que colorean la arena, con el tiempo el modelo barnizado toma una coloración amarillenta que da un aspecto poco natural a la maqueta.



Fig. 4. Ejemplo de maqueta de mayor dimensión y loncha del mismo modelo. Este ejemplo corresponde a un sistema de fallas normales. El secado se hizo según el procedimiento descrito.

El único problema que puede surgir es el de los malos olores por descomposición de la gelatina si no se realiza el secado en condiciones óptimas. Se aconseja realizar este taller en invierno, en días frescos y soleados, con poca humedad ambiental para acelerar el secado.

Maquetas de grandes dimensiones

Con el mismo procedimiento, se ha intentado solidificar modelos de mayor dimensión que las lonchas descritas anteriormente. Sin embargo, el problema de los malos olores que aparecen al cabo del tiempo es casi insalvable. Esto es debido al secado incompleto en la parte interior del modelo y la consiguiente descomposición de la gelatina. Solo un secado a través de una deshidratación en un liofilizador resuelve de manera permanente este problema. Esta tecnología se ha utilizado con éxito en el Laboratorio del Departamento de Ingeniería Química de la Universidad de Granada, para realizar maquetas de grandes dimensiones, algunas de ellas para fines museísticos (Fig. 5A y 5B). Otras se utilizan para las prácticas de alumnos universitarios de Geológicas, para estudiar las relaciones entre topografía y estructuras, aunque aún se necesita mejorarlas y adaptarlas a niveles más bajos de la enseñanza (Fig. 5C).

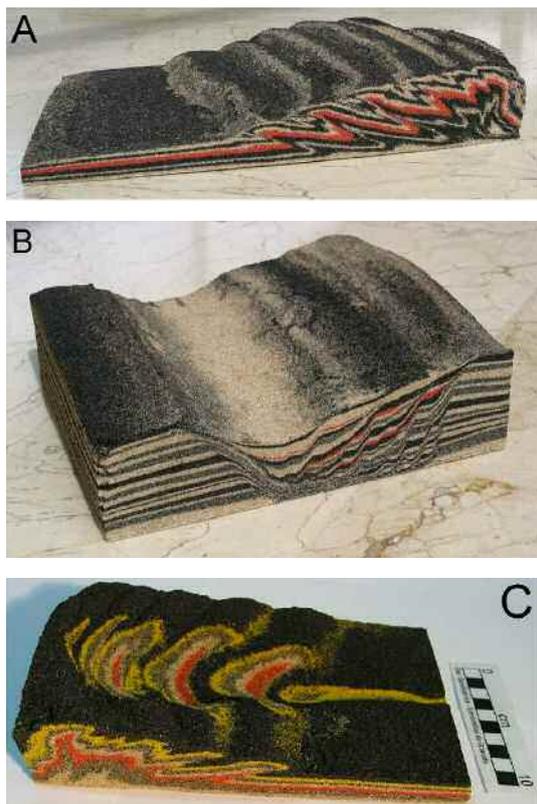


Fig. 5. Ejemplos de maquetas de grandes dimensiones, secadas en un liofilizador. A y B: Maquetas realizadas para el Parque de las Ciencias de Granada. C: Maqueta realizada para alumnos universitarios de Geología, con la simulación de un barranco sobre el modelo.

AZÚCAR Y CAFÉ: MATERIALES ANALÓGICOS ALTERNATIVOS

Uno de los problemas que han surgido a raíz del uso de la arena como material analógico con el “mini-Laboratorio” ha sido el de como conseguir arena adecuada. Mientras es relativamente fácil en municipios costeros, ya que se puede utilizar arena cuarzosa de cualquier playa, es más complicado conseguirla en Institutos de Enseñanza Secundaria de municipios del interior de la Península. Por lo tanto, hemos creído conveniente probar otros materiales más sencillos de conseguir. En este trabajo proponemos el uso de azúcar blanco y café como materiales analógicos alternativos a la arena. A pesar de sus propiedades físicas distintas, estos materiales reproducen con bastante fiabilidad los sistemas de cabalgamientos o de fallas normales.

En los modelos con arena utilizábamos un tinte de pintura para obtener diferentes colores. Con el azúcar, para tener capas de distintos colores, basta mezclar a mano homogéneamente pimentón con el azúcar, para obtener un azúcar de color anaranjado. Luego, para preparar el modelo con distintas capas, se alternan capas de azúcar blanco y azúcar naranja, tamizándolo con un colador (ver descripción completa en Crespo-Blanc y Luján, 2004 y Crespo-Blanc y Murcia López, 2006). Para añadir una nota de color, también se puede utilizar café, de nuevo tamizándolo con un colador.

Si se comparan los resultados alcanzados con arena con los modelos hechos con azúcar, se observan que los resultados son semejantes. Se ilustra en la Figura 1, donde se comparan sistemas de cabalgamientos y sistemas de fallas normales realizados con el “mini-Laboratorio” con ambos tipos de materiales.

CONCLUSIONES

La fabricación de las maquetas que hemos descrito en este artículo, y que son realmente lonchas de modelos solidificados con gelatina, son muy útiles como recurso didáctico en el aula. Permiten mostrar la geometría de sistemas de fallas, tanto en compresión como en extensión, y son sencillas de realizar. Con ellas en la mano, se pueden introducir conceptos importantes en las Ciencias de la Tierra como son escala, tiempo geológico, estructuras geológicas, fallas, geometría de las capas en el subsuelo, fuerzas tectónicas, etc... Además, permiten acercar al alumno a unas técnicas de Laboratorio que se utilizan en la investigación básica (Crespo-Blanc, 2002).

En cuanto al uso del azúcar y café como materiales analógicos alternativos a la arena, facilita mucho la realización de modelos analógicos con el mini-Laboratorio, tal como se describe en Crespo-Blanc y Luján (2004) y Crespo-Blanc y Murcia López (2006). Experimentos de este tipo se ofrecen desde hace unos años como talleres a los Colegios e Institutos que visitan el Parque de las Ciencias de Granada, lo que demuestra su interés del punto de vista didáctico al utilizar la experimentación como método para las enseñanzas geológicas.

Agradecimientos

Se agradece al Departamento de Ingeniería Química de la Universidad de Granada por poner a nuestra disposición su liofilizadora y al profesorado de Biología y Geología del IES Padre Manjón de Granada por su colaboración con sus alumnos. Los proyectos CGL2006-08638/BTE y CTM2005-08071-C03-01/MAR han financiado estas investigaciones.

BIBLIOGRAFÍA

Barreiras, S., Silva, H., Vasconcelos, C. y Fonseca, P. (2006). Tectónica experimental: actividades de simulación. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 14.1, 82-84.

Crespo-Blanc, A. (2002). Laboratorio de Modelizaciones analógicas del Departamento de Geodinámica de la Universidad de Granada. Página web: www.ugr.es/~geodina/.

Crespo-Blanc, A. y Luján, M. (2004). Cómo se forman las montañas: enseñanzas del Laboratorio. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 12.1), 83-87.

Crespo-Blanc, A. y Murcia López M. (2006). Cómo se forman los océanos: enseñanzas del Laboratorio. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 14.2), 157-162.

Durán Gilabert, H., Gold Gormaz, G. y Colomer i Busquets, M. (1990). Recursos didácticos para el estudio del plegamiento de las rocas: Experimentación, análisis de gráficas y construcción de modelos. *Actas del VI Simposio sobre Enseñanza de la Geología*, 17-22 de septiembre/1990, Puerto de la Cruz (Tenerife), pp. 171-180.

Fonseca, P.E., Ribeiro, L.P., Caranova, R. y Filipe, P. (2001) Experimentación analógica sobre el desarrollo de un diapiro y la deformación producida en las rocas encajantes. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 9.3, 270-276.

Liesa, C.L., Román, T., Arlegui, L. E., Cortés y Gil, A. L. (1997). El uso de modelos experimentales en la enseñanza de geología estructural (II) Aplicación a la deformación discontinua. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 5.3, 226-234

Meléndez, I. (1991). Modelos a escala de procesos geológicos en el laboratorio. Libro de Comunicaciones, I Simposio sobre la Docencia de las Ciencias Experimentales en la Enseñanza Secundaria, Madrid, 18-20 Abril/1991, pp. 426-430. ■

Fecha de recepción del original: 20/10/2008

Fecha de aceptación definitiva: 9/12/2008