

Preconcepciones en el aula de ciencias en pleno siglo XXI: la tectónica y los procesos de formación de montañas en la Educación Secundaria española

Javier Fernández-Lozano
Gabriel Gutiérrez-Alonso
María Luz Diago Egaña

Las ciencias geológicas suponen un medio fundamental para introducir al alumnado en la adquisición de hábitos de reflexión y análisis característicos del método científico. Sin embargo, en las últimas décadas, se ha situado entre los grandes olvidados de los planes de estudio. Además, la dificultad de los temarios, la falta de estructuración de los mismos y la escasez de una vinculación real del conocimiento con la vida diaria dificulta el aprendizaje y favorece la aparición de ideas pre-científicas entre el alumnado. El objetivo de este trabajo es analizar el tratamiento de la materia de geología en el currículo educativo español de 2º de educación secundaria obligatoria (ESO), enfatizando la importancia del trabajo cooperativo y la adquisición de un lenguaje común de ciencias que funcione eficazmente sobre las preconcepciones. En este estudio analizamos algunas fórmulas metodológicas y recursos planteados sobre estas ideas erróneas, proponiendo un método eficaz de trabajo. Los resultados muestran que, contrario a los criterios de estructuración y temporalidad de actividades impuestos por la Administración, nuestro alumnado reclama un mayor número de horas lectivas dedicadas a las actividades cooperativas de aplicación práctica: trabajo de laboratorio, salidas de campo o prácticas y manualidades.

Palabras clave: preconcepciones, ciencias geológicas, currículo de ESO, trabajo cooperativo, actividades.

Preconceptions in Science: Tectonics and Mountain Building Processes in the Spanish Secondary Education

Earth Sciences represent the cornerstone for introducing students into the acquisition of habits concerning in-depth analysis and scientific thinking, which characterize the scientific method. However, in recent decades its importance has decreased in the national curriculum. In fact, the difficulty of the material, the lack of a properly adapted framework of the data and the absence of a real connection with everyday knowledge, impairs learning and favors pre-scientific ideas among students. The aim of this study was to analyze the treatment of the Earth Sciences in the 2º course of the Spanish Secondary Education (ESO), emphasizing the importance of cooperative learning and the acquisition of a scientific language that may aim to overcome major preconceptions. In this study we analyze some methodologies and resources employed in order to eradicate widespread preconceptions among science students, proposing an effective methodology focused on these difficulties. The results show that, conversely to the criteria imposed by the Administration for structuring and timing of activities, our students demand a major number of teaching hours devoted to the practical implementation of cooperative activities such as laboratory activities, field trips or practical activities.

Keywords: Preconceptions, Earth Sciences, Spanish Secondary Education Curriculum, Cooperative Learning, Activities.

Introducción

España se sitúa a la cola de Europa en conocimientos científicos generales y geológicos (Prats, 2006; Carcavilla, Puy Berrio, Belmonte, Durán y López-Martínez, 2010). Esta situación se ve agravada por la falta de respaldo desde las Administraciones Educativas y la reducción de fondos económicos para la investigación. Hechos que contribuyen activamente en el aumento del desinterés por la cultura científica en nuestro país. Además, en los últimos años se viene produciendo una reducción progresiva de los horarios lectivos y los temarios de la ESO y Bachillerato dedicados a la geología, impulsados por políticas que han dejado de lado la promoción de las Ciencias en detrimento de las Humanidades (Pedrinaci, 2006). Hasta ahora el currículo de la ESO ha situado a la geología más próxima al medioambiente que al estudio de nuestro planeta (Domingo and Sequeiros, 1998, Olías, Alfonso y Almodóvar, 2008). Ante esta situación los docentes han de enfrentarse a toda una serie de problemas que rodean el aprendizaje de las Ciencias de la Tierra en el aula y que tienen como principales exponentes la escasa motivación y la presencia de ideas

pre-científicas entre el alumnado (Osborne y Dillon, 2008; Carcavilla et al., 2010).

En este trabajo presentamos los resultados de un estudio enfocado al análisis de algunas de las preconcepciones más habituales sobre la tectónica y la formación del relieve, así como aquellos aspectos metodológicos empleados por el profesorado para hacer frente a este tipo de ideas pre-científicas. En este sentido, el trabajo se plantea dentro de la Unidad Didáctica "Dinámica interna del Planeta" (Ciencias de la Tierra de 2º de ESO). El segundo curso de la ESO representa una etapa de interés a la hora de analizar algunos aspectos complejos relacionados con la tectónica de placas y la formación de montañas, de cara a la adquisición de una buena base de conocimiento que sirva al alumnado en cursos más avanzados. Para ello hemos realizado una serie de encuestas repartidas entre el profesorado y el alumnado de tres colegios de Madrid, cuyos resultados permitieron proponer una metodología eficaz para hacer frente a algunos de los aspectos tratados en la investigación.

El modelo didáctico que presentamos se basa en una serie de elementos que giran en torno a la modelación análoga. Trabajos recientes llevados a cabo por Palma, Rendón y Apolín (2013) ponen de manifiesto la necesidad de buscar estrategias didácticas que faciliten el aprendizaje de las ciencias y que sirvan para motivar su uso entre el alumnado y el profesorado. En este sentido, los aprendizajes basados en la experimentación han sido frecuentemente utilizados para enseñar a los alumnos la formación de las montañas y las estructuras tectónicas (García Cruz, 2008; Murcia López y Crespo-Blanc, 2008; Fernández, De Vicente, Sokoutis, Willingshofer y Cloetingh, 2009). Sin embargo, estos trabajos estaban enfocados principalmente a procesos generales, relacionados de forma genérica con la tectónica de placas.

En este trabajo hemos dado un paso más, analizando en primer lugar y de forma sistemática las necesidades de nuestro alumnado mediante una serie de encuestas. Con la información obtenida se estableció un modelo metodológico para trabajar sobre las dificultades observadas haciendo uso de las nuevas tecnologías y teniendo en cuenta la diversidad de aprendizajes existentes en nuestra aula, de forma que todos los alumnos pudieran aportar algo al conocimiento general del grupo, bajo el marco de un modelo de aprendizaje cooperativo en comunidades de aprendizaje. Para ello hemos utilizado recursos como las nuevas tecnologías que sirvieron para fomentar la motivación, favoreciendo así el cambio conceptual y trabajando sobre algunas competencias básicas establecidas en la Ley Orgánica 8/2013, del 9 de diciembre, para la mejora de la calidad educativa.

Las preconcepciones en el marco del modelo educativo constructivista

Desde finales de los años ochenta y principios de los noventa han ido surgiendo toda una serie de planteamientos educativos orientados al trabajo cooperativo y a “aprender haciendo” mediante actividades que supongan un cambio conceptual en el alumno, todo ello dentro de una atmósfera global de conocimiento científico constructivista, donde el estudiante aprende por sí mismo a través de la tutorización de los docentes (Osborne, 1996). Este modelo educativo se viene apoyando en los últimos años en las nuevas tecnologías de la información y la comunicación (TIC) para construir el conocimiento a base de juegos y actividades digitales, encaminadas a la motivación y la codificación de la información (González Herrero, López, Alfaro y Andreu, 2005; González, Crespi y Barreni, 2006; Glasserman y Ramírez-Montoya, 2015). Sin embargo, a pesar de la revolución tecnológica que este tipo de herramientas supone, la presencia de preconcepciones entre el alumnado lejos de disminuir se ha incrementado en los últimos años.

Esta problemática se fundamenta en la dificultad del alumno para sintetizar los nuevos conocimientos adquiridos e integrarlos con los previos durante el proceso de asimilación conceptual (Gil Llinás, 1999). Desde este

punto de vista se entienden las preconcepciones como errores conceptuales o teorías implícitas que posee o adquiere el alumno antes del aprendizaje en la escuela y que no coincide con las ideas científicamente aceptadas. Este tipo de ideas son un hándicap al que los profesores de ciencias naturales tienen que hacer frente. Por lo general, son difíciles de cambiar a pesar de los esfuerzos y recursos utilizados habitualmente por los docentes y se caracterizan por aspectos como: i) mantener cierta coherencia interna y similitud con algunas líneas de pensamiento geológico instauradas durante los siglos XVI y XVII; y, ii) presentar un patrón claro relacionado con la edad de los estudiantes y su crecimiento cognitivo (Jiménez Aleixandre, Caamaño, Oñorbe, Pedrinaci y De Pro, 2003).

En particular, las preconcepciones sobre conceptos de la tectónica y la formación del relieve suponen una fuente frecuente de errores conceptuales entre el alumnado que no siempre se detectan durante desde sus explicaciones orales o escritas (Beviá, 1993). Por esta razón, es importante hacer hincapié en ellas desde los primeros cursos de la ESO.

Encuesta

Se realizaron dos encuestas modelo, una para profesores y otra para alumnos. En la primera se desarrollaron los siguientes aspectos en varias categorías (Figura 1): 1) importancia de trabajo cooperativo y adquisición de lenguaje científico en el aula; 2) principales preconcepciones relacionadas con la Tectónica y la formación del relieve; y, 3) principales metodologías y recursos utilizados para trabajar sobre preconcepciones. La encuesta para el alumnado se dividió en dos bloques temáticos centrados en: 1) aspectos metodológicos de la enseñanza; y, 2) preconcepciones más frecuentes relacionadas con algunos aspectos tectónicos (Figura 2). Las encuestas se basaron en una población de 184 alumnos y 7 profesores de la materia de ciencias de la naturaleza.

Resultados

Respuestas del profesorado

Dentro del primer bloque de preguntas, la comunidad docente encuestada afirma en su totalidad que la creación de comunidades de aprendizaje que fomenten un aprendizaje común de ciencias es de gran importancia para trabajar sobre preconcepciones geológicas. Los principales recursos utilizados son las noticias de prensa (30%), el vocabulario (23%) y la lectura de textos (15%), seguidos en menor proporción de debates (8%), juegos y otras actividades (8% cada uno) (Figura 1).

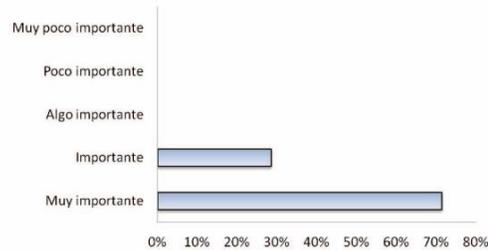
En el segundo bloque de preguntas, menos de la mitad del profesorado reconoce que las preconcepciones pueden ser un obstáculo para la adquisición de una buena base en cursos más avanzados (43%), indicando que su presencia está en gran medida influenciada por el interés y la motivación previa del alumnado (ver Fig. 1); aunque todos ellos afirman utilizar diversas metodologías que potencien la motivación y refuercen el cambio conceptual. Entre las metodologías más empleadas están aquellas

que trabajan con situaciones reales (43%) y ejemplos conocidos (29%), seguido de cerca por el uso de imágenes y video (14%) y actividades operativas en las que el alumno es consciente de su autoaprendizaje (14%) (Figura 1). Los recursos más utilizados son, por orden de importancia los videos (26%), seguidos de imágenes y PowerPoint (21% cada uno) y en menor medida los Webquest y juegos (11% cada uno). En todos ellos, las actividades grupales juegan un papel importante (fueron

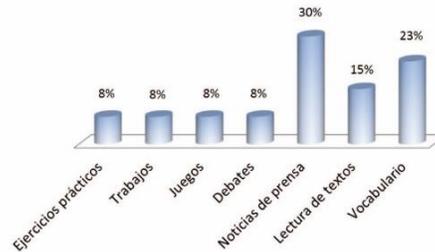
seleccionadas por un 72% de los encuestados a través de las actividades cooperativas) (Figura 1). Los trabajos de laboratorio tienen un escaso peso en el aula como se desprende de las encuestas, de forma habitual solo se utilizan por un 28% de los encuestados, frente a un 72% que afirmaron no lo utilizan o lo hacen en menor medida (Figura 1).

1) BLOQUE-I: Trabajo en comunidades de aprendizaje y adquisición de lenguaje científico

¿Cuál cree que es el papel de las comunidades de aprendizaje y el lenguaje común de ciencias a la hora de trabajar sobre preconcepciones?

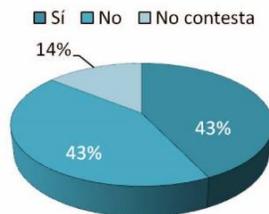


¿Qué tipo de herramientas utiliza para trabajar lenguaje científico?



2) BLOQUE-II: Preconcepciones y motivación en el aula de ciencias

¿Considera que las preconcepciones en materia de geología pueden ser un obstáculo en cursos más avanzados?

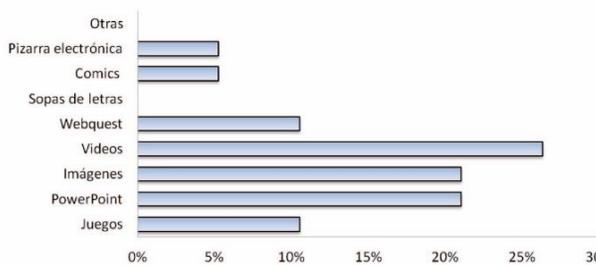


¿Qué metodologías emplea para fomentar la motivación y refuerzan el cambio conceptual entre su alumnado?

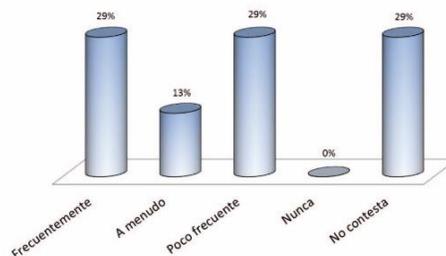


3) BLOQUE-III: Metodologías y recursos que utiliza para trabajar las preconcepciones

Principales recursos que utiliza para trabajar sobre las preconcepciones



En las actividades diarias, ¿con qué frecuencia trabajan sus alumnos en grupo?



¿Con qué frecuencia realizan actividades de laboratorio?

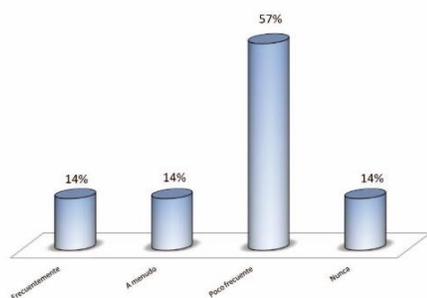


Figura 1. Bloque de preguntas realizadas al profesorado y gráficas de respuestas.

Respuestas del alumnado

En el bloque sobre los aspectos metodológicos, se les preguntaba por el trabajo cooperativo y las comunidades de aprendizaje. El trabajo cooperativo tiene una gran aceptación entre el alumnado (90% favorable), indicando que sus preferencia a la hora de formar los grupos son principalmente en base a la amistad (71%), seguida por los conocimientos (21%) y una mezcla de varios aspectos (5%) (ver Figura 2). El 53% del alumnado encuestado afirma que trabajar en grupo mejora su rendimiento, mientras un 32% no contestó y el resto piensa que no supone ninguna diferencia (23%). Los alumnos indican que los trabajos y debates son los métodos habituales de funcionamiento en grupo, por encima de otros como las prácticas de laboratorio o las salidas de campo, en contraposición con sus preferencias donde el laboratorio y las actividades de visitas a museos, tienen una mejor aceptación. En términos generales, los alumnos prefieren las clases prácticas (58%) por encima de aquellas dirigidas exclusivamente por el profesor (38%) o en las que se compaginan ambas (2%). Un 3% de los encuestados no contestaron o no tenían ninguna preferencia (Figura 2).

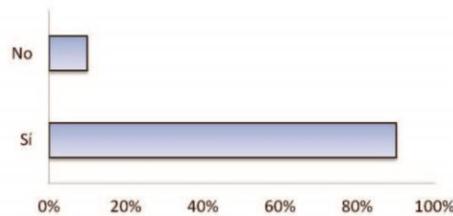
El bloque segundo de preguntas versaba sobre las preconcepciones en algunos aspectos de la tectónica y la

formación del relieve. Entre ellas cabe mencionar algunas por su destacado interés de cara a la elaboración de una propuesta metodológica efectiva. Aunque nuestros alumnos conocen, en su mayoría, el significado tectónico del término “falla” y lo relacionan con los terremotos (74%); el 23% de alumnos no y un 3% no contestó. Además, un elevado número de alumnos encuestados no fue capaz de relacionar las fallas con la posibilidad de producir tsunamis (46% frente al 54%).

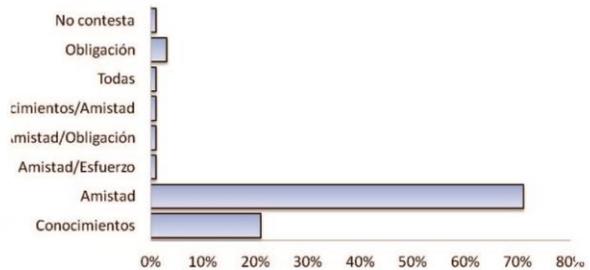
Finalmente, los alumnos son capaces de relacionar la formación de terremotos con la actividad tectónica en los bordes de placa (78% frente a un 22% que no lo sabe o no contesta). También relacionan adecuadamente la formación de montañas con la actividad tectónica, principalmente con los choques entre placas (57%), las fallas, pliegues y volcanes (35%) y la erosión (7%); mientras que un 1% no contestó. Sin embargo, cuando se les pregunta por el origen de la formación de las montañas en el interior de las placas, el 80% no contestó; tan solo el 16% lo relaciona con los choques de placas, un 3% con fallas y pliegues y un 1% de los estudiantes señala que el relieve está relacionado con la erosión (Figura 2).

1) BLOQUE-I: Preferencias metodológicas del alumnado

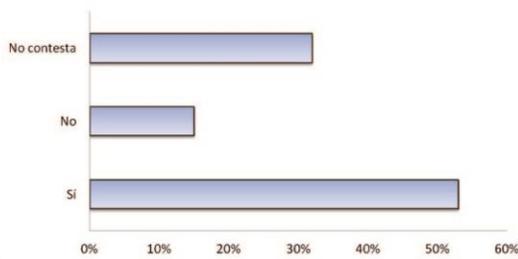
¿Te gusta el trabajo cooperativo en grupos?



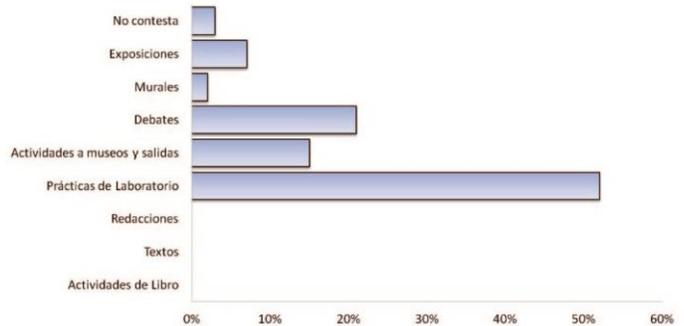
¿Qué aspectos valoras para seleccionar grupo?



¿Crees que el trabajo cooperativo mejora tu rendimiento académico?



Preferencias metodológicas del alumnado



2) BLOQUE-II: Preconcepciones: Tectónica y formación del relieve

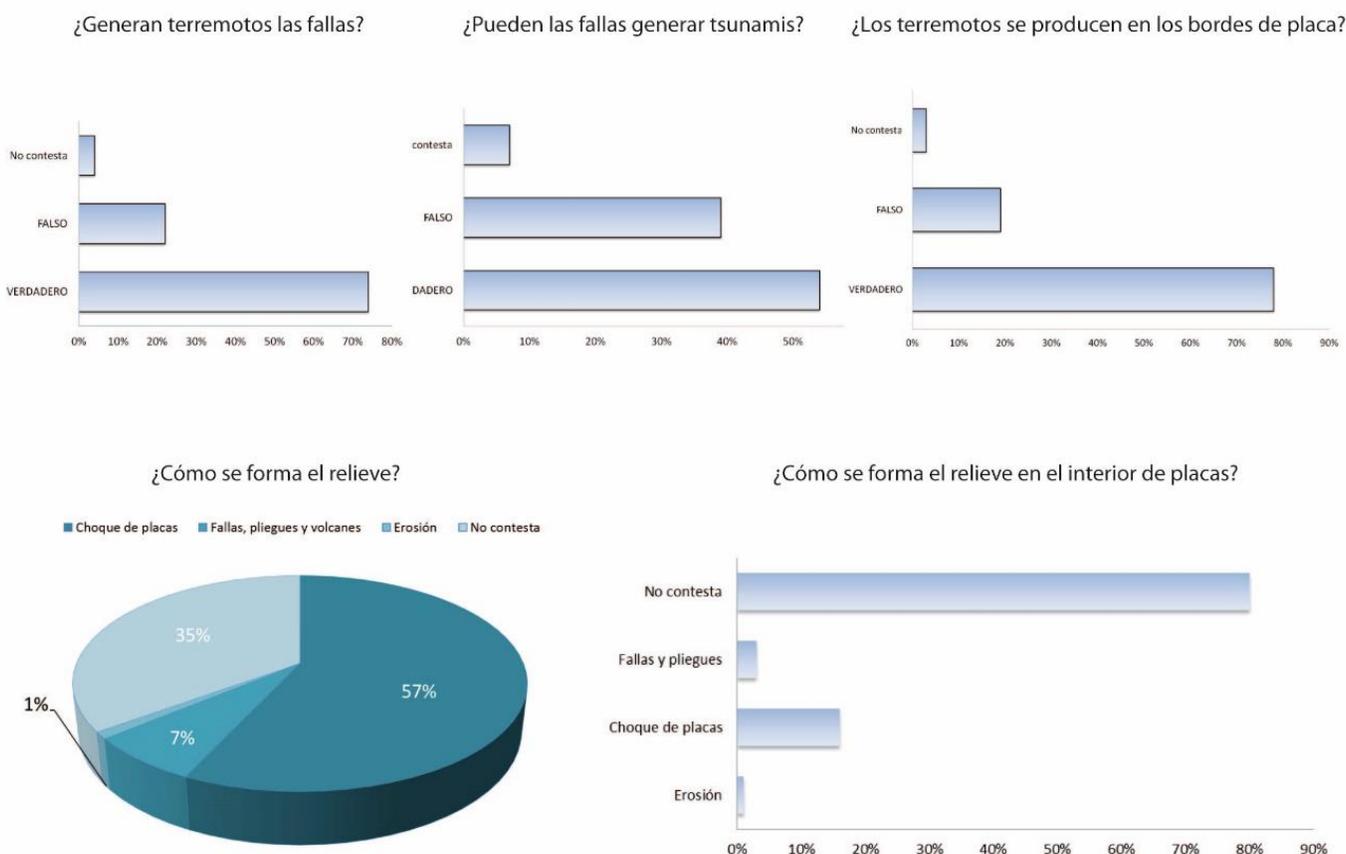


Figura 2. Bloque de preguntas realizadas al alumnado y gráficas de respuestas.

Propuesta metodológica

Con base en los resultados obtenidos, presentamos una propuesta metodológica que permitió trabajar desde un punto de vista constructivista sobre conceptos geológicos, y a su vez un amplio abanico de competencias básicas incluidas en la última Ley Orgánica de Educación del 10 de diciembre de 2013: competencias sociales, lingüísticas, matemáticas, para el tratamiento de la información y la competencia digital, culturales y artísticas, para aprender a aprender y de autonomía e iniciativa personal, así como la competencia en el conocimiento y la interacción con el mundo físico.

La actividad propuesta se divide en cuatro partes o sesiones; la temporalización de la actividad planteada se muestra en la Tabla 1. Una primera sesión apoyada en una clase teórica introductoria donde se propone ver un video sobre la formación de las montañas, y después se lleva a cabo un debate relacionado con un tema en el que los alumnos puedan interactuar con otros y en donde el profesor es un moderador que orienta el rumbo del debate. Finalmente, se lleva a cabo una presentación que sirve de introducción a la segunda sesión. La segunda y tercera sesiones se realizan en el laboratorio y están enfocadas al trabajo cooperativo en grupos.

En ella se llevan a cabo tres modelos análogos de arena, basados en la clasificación de fallas propuesta por Anderson (1951) según el tipo de esfuerzo tectónico (movimiento normal, inverso y en dirección). Para simplificación se eliminan los mecanismos en régimen compuesto (Figura 3). Los modelos están realizados con arena, aunque pueden emplearse otros materiales o incluso combinación de varios (arroz, sal, pimentón, café y azúcar). Es importante que los componentes tengan varios colores, de manera que los alumnos puedan distinguir fácilmente la formación de estructuras identificadas desde los cortes que se realizarán en la siguiente sesión. Para distribuir la arena en el modelo puede emplearse un tamiz o un colador de rejilla. Una regla de madera o un listón pueden servir para mantener la superficie lo más plana posible. El modelo consta de una caja de madera con una pared fija y otra móvil, unida a una lámina de plástico que será previamente lubricada con aceite, sobre la cual descansará el paquete de arena. Se pueden utilizar diferentes tablas en la base del modelo para recrear diferentes condiciones tectónicas (tabla 1).

INVESTIGACIONES

Tabla 1.
Temporalización y distribución de actividades propuestas en el marco metodológico de este trabajo.

Metodología	Actividad propuesta	Tiempo estimado
Clase teórica	Video	1 sesión dividida en: 3-5 mn.
	Debate	10 mn.
	Power Point	15-20 mn.
Clase práctica	Laboratorio (trabajo cooperativo)	2 sesiones de 50 mn. a) modelar b) cortar
	Trabajo en grupos con herramientas: Windows Movie Maker	1 sesión de 50 mn.
Clase informática	PowerPoint	
Clase teórica	Presentación (trabajo cooperativo)	1 sesión de 50 mn.

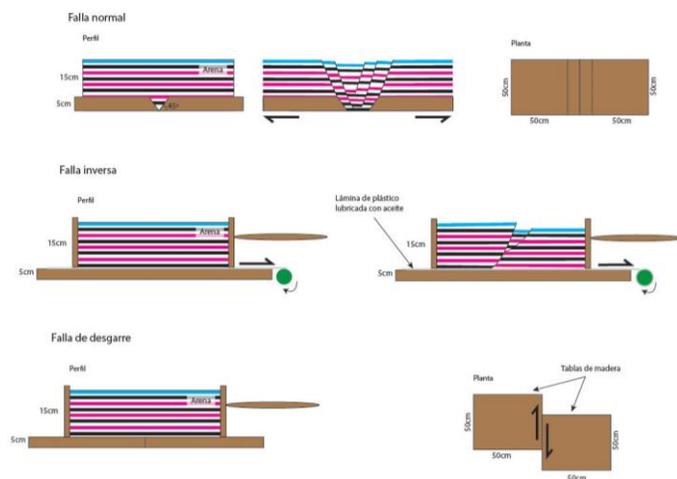
Durante la modelización se tomarán imágenes con una cámara digital (al menos de 15 a 20 fotografías son necesarias para poder realizar un tratamiento digital). Tras la modelización, se procede a empapar los modelos con un pulverizador de agua. Para una mayor rapidez se pueden distribuir una serie de servilletas u hojas de papel absorbente y, sobre este, se vierte el agua hasta dejarlo completamente mojado. Introduciendo un popote en uno de los bordes del modelo podemos saber si el agua ha percolado por todo el modelo o si quedan zonas en las que faltó agua. De ser así, es necesario verter más agua y asegurarse de que el modelo quede completamente mojado para poder cortarlo durante la siguiente sesión. La

última clase práctica está dirigida al análisis de los cortes realizados, después de la cual se da una explicación con las observaciones realizadas por el profesor, a modo de debate, dejando espacio para que los alumnos planteen preguntas sobre los procesos y observaciones efectuadas. De los cortes realizados se tomará una fotografía que podrán utilizar los alumnos para la parte final de los trabajos.

La cuarta sesión se realiza en el aula de informática, los alumnos se familiarizarán con el trabajo mediante software de edición de imágenes/video y texto. En este caso se realizará una película con las fotografías tomadas de la superficie del modelo durante la deformación. Para ello se cuenta con el software Windows Movie Maker® instalado de serie con el Sistema Operativo Windows®. El tiempo restante se emplea para mostrar al alumno cómo incluir texto e imágenes en un programa de edición de presentaciones tipo PowerPoint®. En caso de que no dé tiempo para explicar el funcionamiento de este último, se planteará la opción de realizar un mural con las fotografías realizadas.

La última sesión consiste en una clase teórica de exposición por grupos. Cada grupo dividirá la exposición del modelo entre sus integrantes y explicará los resultados del trabajo a través de una presentación breve en PowerPoint®; el tiempo para cada presentación dependerá del número de grupos y de sus integrantes, entre 10 y 15 minutos por exposición. La evaluación de los resultados se realiza siguiendo el estándar previamente convenido por el departamento de ciencias y explicado en la primera sesión a los estudiantes, de manera que conozcan previamente los objetivos y método de evaluación.

a) Modelo análogo



b) Interface videoteca

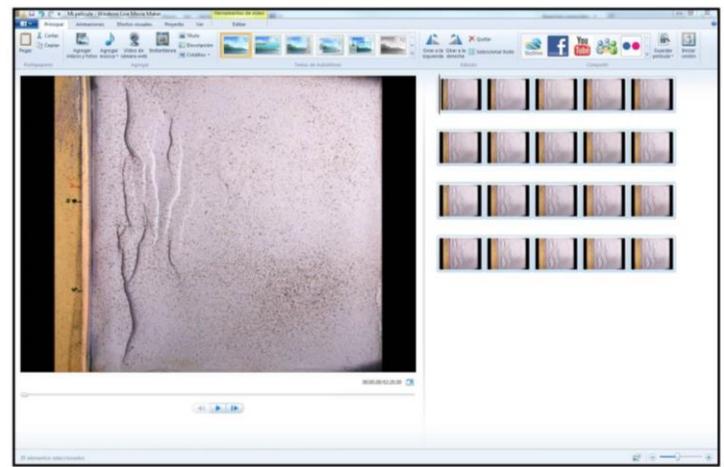


Figura 3 a) Representación en planta y alzado de los modelos análogos para formación de relieve en compresión, extensión y desgarre; B) Interface de Windows Movie Maker® con carga de imágenes realizadas en planta de uno de los modelos.

Discusión

Algunos de los aspectos más relevantes puestos de manifiesto en este trabajo subrayan el esfuerzo de nuestro profesorado en la planificación y realización de actividades y juegos encaminados hacia la motivación del alumnado y la eliminación de ideas pre-científicas. Sin embargo, la cantidad de tiempo y esfuerzo que supone este tipo de actividades influyen negativamente a la hora de su puesta en práctica en el aula. Los resultados de nuestra encuesta indican que las preconcepciones sobre la geología representan un obstáculo importante para adquirir una base geológica sólida desde los primeros cursos de la ESO, dentro del marco de los procesos de enseñanza-aprendizaje. Las principales preconcepciones relacionadas con la formación de montañas subyacen bajo el conocimiento de las estructuras tectónicas y su correspondencia con la formación del relieve en zonas alejadas de los bordes de placa. Para hacer frente a estas dificultades autores como Brusi, Alfaro y González (2008) sugieren realizar actividades orientadas a trabajar sobre un vocabulario específico de forma indirecta. Este tipo de actividad se puede realizar al inicio de una unidad didáctica a través de artículos de la prensa, debates o listas de palabras que puede ayudar a adquirir un lenguaje científico, favoreciendo así la comprensión de los temas. Además, aquellas actividades que hacen partícipe al alumno de su propio aprendizaje y le permiten interactuar con el resto de sus compañeros a través de prácticas de laboratorio o salidas de campo, como las propuestas en este trabajo, ayudan de forma eficaz a fijar los conocimientos y son también las preferidas por nuestro alumnado, como se desprende de las encuestas. Este tipo de actividades de laboratorio, basadas en el trabajo cooperativo, pueden ampliarse para fomentar las capacidades de nuestro alumnado, favoreciendo el intercambio de conocimiento y su puesta en común, así como su autonomía para resolver problemas (Álvarez y García de la Torre, 1994; Murcia López y Crespo-Blanc, 2008; Fernández et al., 2009).

La ventaja de este tipo de propuestas prácticas reside en el hecho de que se evita la costumbre de realizar trabajos en los que el alumno copia y pega la información obtenida de la red sin ser analizada. Si ellos mismos realizaran el experimento les proporciona el desarrollo de la capacidad para pensar por ellos mismos, fomentando sus facultades operativas. Además, al tratarse de un ejercicio cooperativo, el alumnado reflexiona y comparte el conocimiento, dando pie a que puedan surgir nuevas inquietudes o dudas que permitan al profesorado eliminar la presencia de las ideas pre-científicas que vayan surgiendo. De este modo el alumno se familiariza con la manipulación de objetos, aumentando su coordinación y adquiriendo de forma sistemática parte del pensamiento y desarrollo de la experimentación científica. Nuestros resultados son optimistas, indican la buena aceptación de este tipo de actividades entre el alumnado, lo que abre un amplio abanico de posibilidades para desarrollar nuevas metodologías en el ámbito de la enseñanza-aprendizaje en nuestras aulas.

Conclusiones

Las preconcepciones en materia de geología suponen un obstáculo para el aprendizaje del alumnado que posee una concepción estática del mundo que le rodea y la naturaleza. Este tipo de errores conceptuales puede ser un obstáculo para el aprendizaje de cara a los cursos más avanzados. Sin embargo, las actividades operativas basadas en el trabajo cooperativo donde el alumnado es consciente y partícipe de su aprendizaje resultan herramientas eficaces para trabajar sobre las preconcepciones, favoreciendo así el cambio conceptual en el marco del modelo educativo constructivista actual. Además, este tipo de actividades tienen una buena aceptación por nuestro alumnado, por lo que facilitan la fijación de conceptos y la comprensión, aumentando su motivación e interés por las Ciencias de la Tierra.

Agradecimientos

Los autores agradecen a Antonio Martínez Graña por sus comentarios y sugerencias que han ayudado a mejorar este manuscrito. Javier Fernández Lozano agradece a la Junta de Castilla y León y la Universidad de Salamanca por la Beca Postdoctoral recibida.

Referencias

- Álvarez, M.R. y García de la Torre, E. (1994). Los modelos analógicos en geología: implicaciones didácticas. Ejemplos relacionados con el origen de materiales terrestres. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 4, 133-139.
- Anderson, E. (1951). *The Dynamics of Faulting and Dyke Formation with Application to Britain* (2da ed). Edinburgh, Escocia: Oliver and Boyd.
- Beviá, J.L. (1993). Errores conceptuales de los alumnos de EGB sobre la formación de las montañas. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 1, 98-106.
- Brusi, D., Alfaro, P. y González, M. (2008). Los riesgos geológicos en los medios de comunicación. El tratamiento informativo de las catástrofes naturales como recurso didáctico. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 16, 154-166.
- Carcavilla, L., del Puy Berrio, M., Belmonte, Á., Durán, J.J., y López-Martínez, J. (2010). La divulgación de la Geología al gran público: principios y técnicas para el diseño de material escrito. *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural. Sección Geológica*, 104, 93-110.
- Domingo, M. y Sequeiros, L. (1998). La extinción de la Geología en España: alerta roja. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 6, 206-210.
- Fernández, J., De Vicente, G., Sokoutis, D., Willingshofer, E. y Cloetingh, S. (2009). De los Pirineos al Atlas: Topografía y Modelación Análoga. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 17, 86-92.
- García Cruz, C. M. (2008). El origen de las montañas (III). Propuesta didáctica. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 16, 135.
- Gil Llinás, J. (1999). Enseñanza de la óptica desde una perspectiva constructivista (Tesis de Licenciatura sin

- publicar). Universidad de Extremadura, Badajoz, España.
- Glasserman, L.D., y Ramírez-Montoya, M.S. (2015). Formación de investigadores educativos mediante el diseño de recursos educativos abiertos y móviles. *Revista de Investigación Educativa de la Escuela de Graduados en Educación*, 5(10), 36-42.
- González Herrero, M., López Martín, J.A., Alfaro García, P. y Andreu Rodes, J.M. (2005). Recursos audiovisuales sobre Tsunamis en Internet. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 13, 65-72.
- González, M., Crespí, J.V. y Barreno, J.V. (2006). Moodle, una nueva herramienta para la enseñanza de la Geología. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 14, 54-61.
- Jiménez Aleixandre, M.P., Caamaño, A., Oñorbe, A., Pedrinaci, E. y De Pro, A. (2003). *Enseñar ciencias*. Barcelona, España: Graó.
- Murcia López, M.I. y Crespo-Blanc, A. (2008). La formación de océanos y cadenas de montañas a partir de modelos analógicos: maquetas y nuevos materiales. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 16, 173-177.
- Olías, M., Alfonso Chaves, F. y Almodóvar Sel, G. (2008). El Geólogo ¿Una especie en vías de extinción? *Geotemas*, 2, 55-58.
- Osborne, J. y Dillon, J. (2008). *Science education in Europe: Critical reflections*. Londres, Inglaterra: The Nuffield Foundation.
- Osborne, J.F. (1996). Beyond constructivism. *Science education*, 80, 53-82.
- Palma, C.K.H., Rendón, M.E.G. y Apolín, D.E.M. (2013). Estrategias didácticas para la generación de conceptos científicos significativos en los alumnos de Ciencias de una Escuela Secundaria. *Revista de Investigación Educativa de la Escuela de Graduados en Educación*, 3(6), 8-15.
- Pedrinaci, E. (2006). Geología en la ESO: otra oportunidad perdida. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 14, 194-201.
- Prats, J. (2006). El estudio PISA 2003 en Cataluña: resultados y factores contextuales. *Revista de educación*, 439-456.
- Javier Fernández Lozano es Investigador Postdoctoral en el Departamento de Geología. Facultad de Ciencias. Universidad de Salamanca. Su carrera está enfocada al estudio de procesos geológicos formadores de montañas y las nuevas tecnologías geomáticas para el estudio del patrimonio geoarqueológico y arquitectónico. En los últimos años ha llevado a cabo un intenso trabajo de divulgación de la geología mediante el uso de Tecnologías de la Información en colegios, institutos y otros ambientes educativos.
- Gabriel Gutiérrez-Alonso es profesor del Departamento de Geología. Facultad de Ciencias de la Universidad de Salamanca. Compagina su labor investigadora sobre los procesos geológicos que operan en la naturaleza con actividades educativas y de divulgación de la geología.
- M^a Luz Diago es profesora en la Universidad Internacional de La Rioja, impartiendo su docencia en el Máster de Formación del Profesorado de Educación Secundaria, en la especialidad de Biología y Geología.

Artículo recibido: 02/03/2016

Dictaminado: 24/04/2017

Segunda versión: 04/05/2017

Aceptado: 10/05/2017