

Sanmartín, P., Sacedón, M. & Sanjurjo-Sánchez, J. (2020). Rigor científico en películas recientes de catástrofes. Validación de materiales para el profesorado de geología. *Revista Electrónica Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 23(2), 169-184.

DOI: <https://doi.org/10.6018/reifop.396661>

Rigor científico en películas recientes de catástrofes. Validación de materiales para el profesorado de geología

Patricia Sanmartín¹, María Sacedón¹, Jorge Sanjurjo-Sánchez²

¹Universidade de Santiago de Compostela. Departamento de Edafoloxía e Química Agrícola,

²Universidade da Coruña, Instituto Universitario de Xeoloxía.

Resumen

Estudios previos demuestran que el uso de películas en el aula incrementa la retención de información, aunque su falta de rigor científico debe ser evaluada, evitando integrar errores en la base de conocimiento del alumnado. Películas de los últimos ocho años muestran acertadas reconstrucciones de tsunamis pero incluyen errores sobre las áreas de bordes de placa y en la reconstrucción de procesos geológicos. Para este trabajo se prepararon fichas didácticas con escenas de corta duración de tres películas: *La Ola* (2015), *París: infierno helado* (2013) y *San Andrés* (2015). Todas ellas vertebradas en competencias de geología que se repiten en ESO y Bachillerato, como son la tectónica de placas y los minerales y rocas, a la vez que relacionadas con otros contenidos del currículo en esos niveles. El objetivo del trabajo fue hacer de cada uno de los fragmentos seleccionados, (i) un análisis científico para la formación de los docentes y (ii) una ficha didáctica para el aprendizaje de los discentes, que presentase actividades adecuadas a los cuatro niveles, 3º y 4º de ESO y 1º y 2º de BAC, donde la geología es materia de estudio en Educación Secundaria.

Palabras clave

Alfabetización mediática; formación del profesorado; sociedad digital; visión crítica.

Contacto:

Patricia Sanmartín, patricia.sanmartin@usc.es. Departamento de Edafoloxía e Química Agrícola. Facultade de Farmacia. Pavillón A - Soto. Campus Vida. Universidade de Santiago de Compostela. 15782 Santiago de Compostela (A Coruña).

Scientific rigor in recent disaster movies. Validation of material for geology teacher

Abstract

Previous studies show that watching a film clip increases the retention of information, although its lack of scientific rigor must be evaluated, avoiding the integration of errors in the student's knowledge base. Films of the last eight years show successful reconstructions of tsunamis but include errors on areas of Plate Tectonics boundaries and the reconstruction of geological process. For this work, didactic cards with film scenes of short duration (less than one and a half minutes) from three films: *The wave* (2015), *100 Degrees Below Zero* (2013) and *San Andreas* (2015) were prepared. All of them are articulated through the common geology competitions from the Geology of Secondary Education and High School, such as plate tectonics and minerals and rocks, as well as related to other contents of the curriculum in secondary levels. The objective of the work was to make of each one of the selected movie clips, (i) a adequate scientific analysis for teacher training, and (ii) a worksheet for student learning, with suitable activities for each of the four levels where the geology is subject of study in secondary school.

Key words

Media literacy; teacher training; digital society; critical vision.

Introducción

Aunque pueda parecer obvio que dos explicaciones deberían conducir a una mejor retención de la información que una sola explicación, la explicación repetida de la información no siempre aumenta la retención (Butler, Zaromb, Lyle y Roediger, 2009). Callender y McDaniel (2009), por ejemplo, indican que la lectura repetida de pasajes en prosa confiere mejoras limitadas sobre los niveles de retención logrados después de una sola lectura.

El uso de películas en el aula, sin embargo, se ha demostrado en varios trabajos como potenciador de la capacidad de retención de información por parte del alumno (Ameijeiras y Morón, 1998; Bergillos Ruíz, 1993; Butler, Zaromb, Lyle y Roediger, 2009; Sánchez, 1999), así como herramienta para explicar de forma coherente ciertos conceptos (Brusi, Alfaro y González, 2011; Marín, 2011), resultando por tanto un buen apoyo para mejorar el aprendizaje en el aula. De hecho, Marsh, Butler y Umanath (2012) mantienen que cuando el contenido incluido en un video es verídico y con rigor científico, el aprendizaje es similar al observado con otras fuentes y Butler, Zaromb, Lyle y Roediger (2009) que el visionado de una escena, recreada con rigor histórico, asociada a un texto aumenta entorno a un 50% la retención de la información con respecto a la lectura del texto solo. La razón de que esto suceda la indican Butler, Zaromb, Lyle y Roediger (2009), quienes aseguran que las películas promueven la codificación dual (verbal y visual) de la información, al introducir imágenes en el sistema de procesamiento de información que se almacenan junto a la información lingüística, interconectándose ambas para propiciar la comprensión y retención.

¿Pero qué ocurre cuándo el contenido en las películas es erróneo? Muchas de las películas son ficción y como tal no presentan verosimilitud (Méndez, 2005). Algunos trabajos

apuntan que el grado de credibilidad en la fuente se correlaciona positivamente con el nivel de retención de la información aportada por esta (Hoffman, Granhag, See y Loftus, 2001). Por lo que conocimientos aportados por películas de ficción serían en principio descartados. Sin embargo, si con la visualización de la escena se advierte a los alumnos sobre que esta contiene errores, retándolos a que los encuentren y hagan las interpretaciones correctas, el alumno puede integrar lo acertado a la base de conocimiento recordando también lo erróneo, mas etiquetándolo como “ incorrecto “ (Butler, Zaromb, Lyle y Roediger, 2009).

Por otro lado los jóvenes son los principales consumidores de cine (Romero, Fesharaki y García, 2014), especialmente del cine de catástrofes naturales, cuyo foco son principalmente los tsunamis, los seísmos y/o el vulcanismo. Este tipo de películas, que por lo general se alejan bastante del rigor de un documental (Brusi, Alfaro y González, 2011), se encuentran en el círculo de conocimiento del alumno de Secundaria y Bachillerato aunque no formen parte de la fuente de conocimiento oficial impartido en las aulas. Las películas que los alumnos conocen son una fuente de información, como otros medios, que influyen directamente en las percepciones y concepciones de los estudiantes, ayudando en el proceso de adquisición de información (Arroio, 2010), por lo que pueden verse como un recurso atractivo que puede ayudar a abordar aspectos geológicos incluidos en el currículo. Su empleo en el aula debe sin embargo tomarse con cautela, ya que las películas que incluyen procesos geodinámicos y catástrofes naturales suelen contener bastantes imprecisiones y un bajo rigor científico, por lo que pueden transmitir ideas equivocadas de la realidad, a las que son bastante vulnerables los estudiantes adolescentes con escasa formación (Brusi, Alfaro y González, 2011). Esto a veces resulta asociado a la procedencia de la película. El cine americano mucho más comercial cuida en ocasiones menos la veracidad de los conceptos que transmite (Romero, Fesharaki y García, 2014), aunque también es cierto que el porcentaje de cine con temática relacionada con las Ciencias de la Tierra es mayoritario en el país anglosajón (Alfaro, Brusi y González, 2008).

Objetivos de la investigación

En estos últimos años se han publicado estudios sobre la adaptabilidad del cine como recurso educativo en aulas de secundaria; proponiendo actividades didácticas y favoreciendo la visión crítica de los alumnos respecto a las películas de catástrofes naturales (Alfaro, Brusi y González, 2008; Brusi, Alfaro y González, 2011) y con trasfondo paleontológico (Romero, Fesharaki y García, 2014). En el marco de esos estudios, se presenta el siguiente trabajo de investigación que tiene como objetivo principal analizar el rigor científico, haciendo hincapié en los aspectos mejor y peor tratados, de siete películas comerciales recientes: Miami Magma (Todor Chapkanov, 2011), Lo imposible (J.A. Bayona, 2012), París: infierno helado (R.D. Braunstein, 2013), Pompeya (Paul W.S. Anderson, 2014), Apocalypse Pompeii (Ben Demaree, 2014), La Ola (Roar Uthaug, 2015) y San Andrés (Brad Peyton, 2015), que tratan aspectos de la geodinámica terrestre como son los volcanes, los tsunamis y los terremotos. Este objetivo, orientado a la formación inicial y la formación permanente del profesorado, se concreta en otro más específico orientado al aprendizaje del alumnado: escoger tres escenas de tres de estas películas (París: infierno helado, La Ola y San Andrés), para preparar con ellas una ficha didáctica con un análisis contextualizado que incluye actividades adaptadas a los cuatro niveles, viz. 3º y 4º ESO, 1º y 2º Bachillerato, donde la geología es materia de estudio en Educación Secundaria. Esta contextualización parece de gran aplicación práctica a docentes de geología, que pueden llevar una misma actividad didáctica a distintos cursos, simplemente cambiando el grado de dificultad en el contenido de la explicación.

Metodología

En el presente trabajo se han analizado siete películas recientes (2011-2015) de temática geológica, donde aparecen representados volcanes, tsunamis y terremotos (Fig.1). Las razones que motivaron la elección de películas recientes frente a clásicas o modernas anteriores al año 2011 fueron, que se esperaba que la base científica de las películas estuviese contrastada por un asesor científico experto, que el desarrollo de efectos especiales y animatrónica de las películas fuese mejor, elaborar material “ex novo” de trabajo para el aula, conociendo que existen estudios de temática similar publicados hasta 2011 (eg., Brusi, Alfaro y González, 2011).



Figura 1. Mosaico con los carteles de las películas analizadas que tienen como foco los tsunamis, los seísmos y/o el vulcanismo

A través de un análisis de contenido de corte cualitativo se examinó el rigor científico de las películas. El instrumento de análisis cualitativo fue el investigador, en este caso los autores del trabajo, que fueron registrando sus hallazgos de una forma descriptiva, analizando la información geológica que se trasmite en las escenas de cada una de las películas. Para ello, cada uno de los autores visualizó en al menos dos ocasiones cada una de las películas, anotando durante el segundo visionado, tanto las acertadas reproducciones, como y especialmente, las incoherencias y errores científicos cometidos, junto al momento exacto en que aparecían y su duración (minutado). Los resultados se pusieron en conjunto, evaluando para cada una de las anotaciones, distintos aspectos y consideraciones como (1) su relación con las competencias de geología que se repiten en ESO y Bachillerato, i.e. principalmente la tectónica de placas y el estudio de los minerales y las rocas, (2) en caso de tratarse de una incorrección, su verosimilitud dentro del error con el proceso descrito, (3) la autonomía de la escena, que permite que no sea necesario el visionado completo, o de otras partes, de la película, (4) la inclusión en el guion de una explicación del proceso descrito, (5) la duración de la escena, (6) la posibilidad de que los alumnos conozcan y/o hayan visto anteriormente la película. La valoración de estos aspectos sirvió principalmente para la selección de las tres escenas con las que se prepararían las fichas didácticas de los alumnos.

Resultados

Rigor científico y representatividad de volcanes, tsunamis y terremotos

A nivel global, los aspectos relacionados con las áreas de bordes de placa y la reconstrucción de procesos geológicos, en especial erupciones volcánicas, son los peor tratados en las películas analizadas; mientras que los relacionados con la reconstrucción de tsunamis son los que tienen una mejor consideración. De hecho, uno de los aspectos mejor representados en las películas de los últimos ocho años seleccionadas (Fig.1) corresponde al terremoto del océano Índico del 26 de diciembre de 2004, conocido por la comunidad

científica como el terremoto de Sumatra-Andamán, que ocasionó una serie de tsunamis devastadores a lo largo de las costas de la mayoría de los países en el océano Índico. La película *Lo imposible* (J.A. Bayona, 2012) reconstruye casi perfectamente lo que ocurrió, sin exagerar algunos aspectos para que resultase un producto más comercial, como por ejemplo el tamaño de la ola, que no se representa con gran altura y en cambio penetra mucho en la tierra, por tratarse de zonas muy planas. También se muestran las “señales animales”, con una gran bandada de pájaros previa al terremoto, que ya fueron descritas por el sismólogo francés Edmond Rothé (1873-1942): “antes de que la tierra se mueva, los caballos rompen sus cabestros y huyen de establos, los perros aúllan, los pájaros, espantados, y casi atolondrados entran a las casas, ratas y lagartos salen de sus cuevas”. La experiencia real y las imágenes de las que disponían para reconstruirlo facilitaron sin duda el trabajo. Lo mismo para el caso de la erupción del monte Vesubio en el año 79 sobre las ciudades de Pompeya y Herculano, que se representa en la película *Pompeya* (Paul W.S. Anderson, 2014). La reconstrucción de la erupción resulta sencilla ya que fue muy bien descrita por Plinio el Joven (en la erupción murió Plinio el Viejo) y se usa como referencia en algunas clasificaciones de tipos de volcanes (erupciones Plinianas). Además se ha reconstruido a partir de los estudio de las cenizas y materiales depositados en Pompeya. La erupción duró dos días y tuvo dos fases. Una primera de emisión de una nube de humo y cenizas, que alcanzaron varios kilómetros de altitud y produjeron la caída de cenizas (se calcula que unos 3 m de espesor) y lapilli en la ciudad, acompañada de actividad sísmica. También hubo caída de bombas volcánicas, pero quizás no en la cantidad que lo plasma la película que utilizó este fenómeno para darle más espectacularidad. La segunda fase es típica de una erupción peleana (como la del Mont Pelée en Martinica en 1902 que mató a prácticamente todos los habitantes de la isla menos a 2 personas). Estas se caracterizan por flujos piroclásticos, una especie de nubes ardientes (pueden llegar a alcanzar los 1000°C) que se desplazan ladera abajo destruyendo todo lo que se encuentran. Esta nube, que se observa al final de la película, mata a la pareja de protagonistas. En internet hay videos de este tipo de nubes que han matado a aficionados a filmar erupciones, vulcanólogos e incluso a excursionistas como las 34 personas fallecidas en Japón en 2014 en la ladera de un volcán cuando una de estas erupciones les sorprendió (<https://www.youtube.com/watch?v=3ObsOj9Q2Do>) (Palabras clave: Ontake volcano eruption). Por otra parte, en el Vesubio hay referencias a un pequeño maremoto pero muy imprecisas, por lo que quizás no sostengan el realismo del maremoto que se representa en la película.

Los tsunamis también son representados en *La Ola* (Roar Uthaug, 2015) y *San Andrés* (Brad Peyton, 2015) pero con menor acierto que en *Lo imposible*. El tsunami de *La Ola* que se produce en el fiordo noruego de Geiranger a su paso por la montaña Åkneset muestra romperse la ola en una zona de bastante profundidad, lo que resulta bastante improbable. Aquí tengo dudas. Sugiero investigar en ejemplos como el de Alaska también en un fiordo porque un tsunami genera un desplazamiento de un volumen de agua importante que se manifiesta como una gran ola. En zonas de profundidad grande (más de 50 metros por ejemplo, como es el océano o un fiordo - los fiordos y lagos glaciares suelen ser profundos, con profundidades de hasta 300 ó 400 metros -) la ola se desplaza muy rápido pero no rompe. Esta empieza a romperse al alcanzar zonas de poca profundidad. Si consideramos que la base de una ola se sitúa aproximadamente en la mitad de su longitud (y una ola de 10 metros puede tener una longitud de 20-25 ó más metros), cuando la base contacta con el fondo la cresta de la ola comienza a ir más rápido que la base y la ola se rompe, observándose la espuma (refracción de la ola). Esto no ocurre en la película, donde la refracción se produce aparentemente en zonas profundas.

Esta película también resulta un buen ejemplo para explicar la habitual inexistencia de secuencias en las que se aborden las medidas preventivas frente a los riesgos naturales, como indican Brusi, Alfaro y González (2011) en su trabajo. Estos autores explican cómo la mañana del 26 de diciembre de 2004, un empleado de la torre de observación del puerto y asiduo espectador de documentales de National Geographic interpretó de inmediato la posibilidad de que un tsunami azotara la costa. Fue avisando a todo el mundo al grito de “¡subid a la montaña, el agua está llegando!”, y a los pocos minutos llegó la ola y se salvaron más de 1500 personas que observaban el fenómeno desde la montaña. En este sentido también son muy conocidas las fotografías del terremoto de Valdivia en Chile de 1960 con los habitantes de la costa en la cima de las montañas esperando el paso del tsunami (Fig. 2). La Ola, en cambio, muestra como con la llegada de la ola las personas corren hacia el sótano de un hotel a refugiarse. Aunque es cierto que parecen no tener muchas más salidas al encontrarse situados entre la ola y el hotel, la decisión no es la más acertada. Esta escena no favorece la divulgación de las normas más básicas de autoprotección frente a un fenómeno de estas características (Brusi, Alfaro y González, 2011).



Figura 2. Vecinos de Puerto Saavedra (región de La Araucanía, Chile) observan desde los cerros llegar una ola del tsunami de 1960. Fuente: undp.org.

El tsunami de San Andrés está bien representado en conjunto pero también presenta errores. Para que la actividad sísmica desencadene un tsunami directamente tiene que haber un movimiento vertical en la corteza oceánica o algo que desplace verticalmente el fondo oceánico, al menos para que sea de cierta intensidad. Esto es más difícil que ocurra en una falla transformante como la de San Andrés, sobre todo un tsunami de esas dimensiones. Habría que matizar y resaltar lo de un tsunami de grandes dimensiones. Porque tsunamis sí producen. Las fallas transformantes no tienen un movimiento horizontal puro. Siempre hay desplazamiento en la vertical en mayor o menor medida. La clave está en si la longitud de ruptura es suficientemente grande para producir un tsunami significativo. Hay ejemplos de tsunamis pequeños producidos en este tipo de fallas. Alternativamente sería posible si el sismo hace que se produzca algún movimiento de ladera de grandes

dimensiones en la costa (de un modo parecido al ejemplo del fiordo en la película de La Ola, pero eso causaría un tsunami más bien hacia el Pacífico, aunque no es descartable que afectase a la costa oeste de Estados Unidos).

En general en esta película aparecen datos ciertos combinados con errores. El profesor especialista en la materia menciona en su clase sobre sismología el terremoto de Valdivia en Chile ocurrido el 22 de mayo de 1960, que estaba considerado hasta el momento el más potente registrado instrumentalmente. Este dato y otros que se dan relativos al terremoto acaecido en Chile son correctos. Sin embargo, menciona que en el planeta se producen 1.300.000 terremotos al año y lo acompaña de imágenes de catástrofes. Esta cifra aunque correcta corresponde a sismos de muy baja intensidad, la mayor parte imperceptibles. Solo algo más de un centenar de los terremotos que se producen cada año en el planeta alcanzan una magnitud considerable, alrededor de 7.0 o superior, como explica el trabajo de González, Alfaro y Brusi (2011). Por lo que indicar una cifra de esa magnitud hubiera sido más correcto.

La película París: infierno helado (R.D. Braunstein, 2013) introduce el concepto de invierno volcánico “reducción de la temperatura motivada por cenizas y motas de ácido sulfúrico procedentes de una actividad volcánica, que obstaculizan el paso de los rayos del sol“. Es muy conocido el ocurrido tras la erupción de 1815 del Tambora, en la isla de Sumbawa (Indonesia), que dio lugar al evento histórico conocido como el Año sin verano de 1816 (Cuñarro et al., 2019). Otros veranos famosos debido a erupciones volcánicas son el Verano de arena (‘sand-summer’) de 1783 llamado así en Londres por la caída de cenizas volcánicas sobre la ciudad, y conocido en el resto de Europa como la Bruma del Laki, por el nombre del volcán islandés (propriadamente fisura volcánica provocada por explosiones en la capa freática) que entró en erupción en junio de 1783. Más reciente es la erupción del volcán Pinatubo ubicado en la isla de Luzón en Filipinas, que entró en erupción en junio de 1991 provocando una caída global de 0,4°C en la temperatura en todo el planeta.

En la película se muestra como todos los centros de actividad volcánica del planeta se activan a la vez. En este sentido la película comete errores ya que no todos los puntos que marca en el planeta pueden presentar actividad volcánica (ver apartado Sugerencias didácticas basadas en escenas cinematográficas). Al entrar todos en erupción se desencadena una ola de frío mundial. En una escena comienza a granizar sobre los dos protagonistas (que bajo la ola de frío van en camiseta) siendo las bolas de granizo del tamaño de pelotas de fútbol (de hecho la protagonista hace un despeje para evitar que golpee a su compañero). ¿Es posible que el granizo alcance ese tamaño? El granizo se forma porque dentro de las nubes hay corrientes de aire tibio que empujan hacia arriba las gotas de agua, al ascender y llegar a temperaturas por debajo de los 0°C algunas de estas gotas se congelan. Las más grandes comienzan a caer y chocar con otras gotas que se unen a ellas haciendo aumentar su tamaño. El aire ascendente vuelve a llevar las partículas formadas a la zona fría, y cuando son suficientemente pesadas estas caen. Por lo general su tamaño al caer no excede los 5 cm de diámetro. Sin embargo, se han recogido casos en los que el tamaño del granizo alcanzó los 70 cm de diámetro (tamaño de una pelota de fútbol), como en la región montañosa al norte de la India donde una granizada de esas dimensiones causó la muerte a 246 personas el 20 de abril de 1888. Áreas entorno a regiones montañosas, como esta en la India o regiones de China, son proclives a padecer tormentas de granizo debido al movimiento forzado y permanente del aire por las alturas. Aunque París (donde se desarrolla la acción de la película) también es una zona propensa a las tormentas de granizo, carece de elevación suficiente para que puedan darse esos tamaños, aunque tampoco se descartan por completo.

Los aspectos peor representados en las películas analizadas son aquellos relacionados con las zonas de mayor actividad sísmica y volcánica, y con la petrología. Las representaciones de ficticias erupciones volcánicas ocurridas en la actual Pompeya tampoco están bien recreadas. *Apocalypse Pompeii* (Ben Demaree, 2014) intenta plasmar volcanes que en algún momento experimentan erupciones semiexplosivas, emitiendo gases y lava (Stromboli y sus erupciones estrombolianas son un ejemplo), pero los hace coincidir en el tiempo con otros tipos de erupción donde se producen seísmos, flujos de lava, flujos piroclásticos y bombas volcánicas, procesos que no ocurren simultáneamente. En otra escena de la película, un flujo de lava extremadamente fluido llega a una zona llana y sin pendiente, la lava aparece en la escalera de incendios del interior de un edificio y sube incluso los escalones en el avance. La lava fluye dependiendo del tipo de lava, tipo de vulcanismo, etc. pero puede tener una temperatura de entre 1400°C y 1000°C. A medida que fluye por la superficie se va enfriando, bastante rápido y de un modo desigual. Para que un flujo de lava llegue muy lejos tiene que haber mucho flujo y pendiente. También dependerá su alcance del contenido en agua y gases, y de su composición elemental (la viscosidad de las lavas varía mucho). Imaginando que se dan las condiciones para poder llegar a la escalera, cuando la lava llegue a ella debería tener una temperatura superior a 700-900°C para no comenzar a solidificarse. Si la escalera es de acero, el acero funde a 1330-1500°C dependiendo de su calidad, influyendo también el espesor de la estructura. Avanzar escalón a escalón sin llegar a fundir las partes que quedan bajo el flujo de lava resulta complicado. Esta película, junto a *Miami Magma* (Todor Chapkanov, 2011) son los filmes analizados que presentan un menor rigor científico. *Miami Magma* presenta escenas que rozan la comedia con pelotas de tenis que empiezan a arder al ser interceptadas por flujos de lava que surgen de la pista de una cancha de tenis, convirtiéndose en proyectiles ardientes que atraviesan el cuerpo de una persona, formando un agujero perfecto en el medio de su pecho. El propio título de la película presenta incorrecciones, Miami no es un borde de placa ni un hot spot para que pueda producirse actividad volcánica. Por otro lado, una chica sale corriendo del agua de la playa llena de quemaduras en la piel debido al vulcanismo que se acaba de activar. Situaciones similares de actividad volcánica en contacto con el agua del mar en zonas de costa se dan en diferentes zonas del mundo en distintos momentos. Actualmente en la isla de Vulcano (Islas Eólicas, sudoeste de Italia), donde hay un vulcanismo activo (Vulcano y Stromboli), existe una playa de arena en la que se observa burbujeo de gases a altas temperaturas en la zona intermareal e inframareal, a pesar de lo cual el baño no es peligroso ni dañino. Al igual ocurre en Stromboli, donde los turistas se bañan al pie de flujos de lava en la Sciara del Fuoco, una ladera por la que fluye lava, en erupciones que se producen cada pocos minutos. Tanto los gases como la lava se enfrían muy rápidamente en presencia de agua de mar. Las lavas pahoe-hoe subacuáticas en Hawái son un ejemplo de esto (coladas de lava fluida que solidifican bajo el agua del mar). Para producirse las quemaduras que se representan en la película la persona debería acercarse fuera del agua a la lava o el gas de una erupción activa.

Sugerencias didácticas basadas en escenas cinematográficas

A continuación se proponen tres fichas didácticas (Figs. 3, 4 y 5) elaboradas a partir de tres escenas de corta duración (inferior a minuto y medio) extraídas de las películas: *La Ola* (Fig. 3), *París: infierno helado* (Fig. 4) y *San Andrés* (Fig. 5). Todas ellas tienen en común estar vertebradas en las competencias de geología que se repiten en ESO y Bachillerato, acerca de actividades sísmicas y volcánicas, minerales y rocas y tectónica de placas, así como relacionadas con otros contenidos del currículo en esos niveles. Las fichas se presentan

individualmente, de manera que cada una de ellas por separado pueda servir como recurso didáctico.

Los fragmentos seleccionados presentan una oportunidad para discutir un contenido específico del temario con los estudiantes, de manera contextualizada. Así para cada fragmento se propone una serie de actividades orientadas al nivel educativo, tomando de base los currículos de los cuatro niveles de ESO y Bachillerato donde se imparte Geología, sin tener en cuenta 1º de ESO por considerarlo un curso introductorio a la materia.

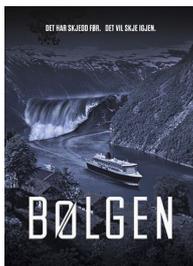
“Todas las montañas están formadas por capas“ (Fig. 3) esta escena, de una duración aproximada de un minuto, aparece en el minuto 18,18 de metraje de la película La Ola (2015).

No es cierto que las montañas estén formadas por capas. Esto ocurre en ciertas rocas sedimentarias y metamórficas. En algunas rocas magmáticas, el diaclasado y fracturación de la roca puede llegar a generar estructuras similares aunque este suele seguir patrones ortogonales y no forma capas o estructuras paralelas. La existencia de lajas graníticas también es posible, pero solo afecta a zonas externas de los plutones y nunca a toda una montaña.

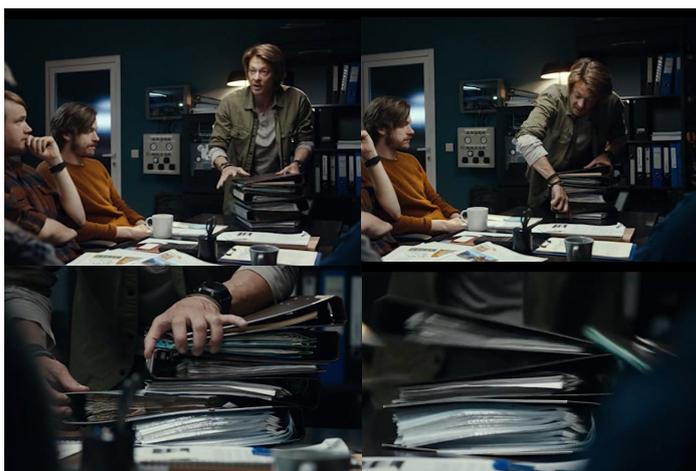
Otra cosa es que la roca pueda presentar plegamiento y este esté a favor de un plano o que la roca esté recorrida por un sistema de fracturas, lo que es frecuente en macizos de roca, pero como se orientan y relacionan estas fracturas es muy variable. De la explicación del protagonista también se infiere que la presencia de fracturas en una roca es un aspecto negativo. En general a mayor fracturación, mayor meteorización, penetración de agua e inestabilidad. También pueden existir fracturas que acumulen agua (freática), por lo que la presión hidrostática que se ejerce sobre la roca es grande y proporciona inestabilidad. Pero, cuando estas fracturas están comunicadas con la superficie de una ladera o niveles inferiores tienden a evacuar esa agua lo que favorece la estabilidad. Por ello, si baja el nivel freático en esas fisuras (como ocurre en la película) puede significar que alguna nueva fractura evacua el agua que se acumulaba antes, aunque también puede indicar que alguna fractura se ha ensanchado, lo que si podría contribuir a la inestabilidad. En conclusión, un cambio en nivel freático no es necesariamente un indicador negativo: depende de varios factores.

El agua tiene un papel importante en la mayor parte de movimientos de masas causados por gravedad, si lubrica fracturas puede hacer que se pierda cohesión y favorecer el efecto de la gravedad, moviéndose materiales a favor de algún plano de cizalla (si este existe), o si se acumula agua la presión hidrostática puede favorecer el movimiento ladera abajo. Por otra parte, profundizando en la estabilidad de la montaña, que es discutida en esta escena, el desprendimiento que se muestra corresponde a un movimiento de masas o de ladera tipo deslizamiento. Los deslizamientos pueden ser traslacionales o rotacionales. Los rotacionales son más frecuentes en materiales no coherentes (laderas de alteritas, sedimentos, o roca muy fracturada, etc.) aunque eso no excluye que pueda tratarse de uno así en este caso. Sin embargo, en los rotacionales suele fragmentarse el volumen de material desplazado en bloques, mientras que en los traslacionales esto es menos frecuente. Aparentemente, parece tratarse de es un deslizamiento traslacional (por cómo es representado en la película), aunque la masa desplazada se fragmenta completamente, lo que sería poco esperable o menos probable. Por otra parte, este tipo de proceso de ladera suele producirse ligado al efecto del agua, resultando esperable después de un evento de lluvia, no como en este caso.

Todas las montañas están formadas por capas



Título original: Bølgen
 Título en España: La Ola
 Dirección: Roar Uthaug
 País: Noruega
 Año: 2015
 Duración: 105 min
 Guión: John Kåre Raake, Harald Rosenløw-Eeg
 Reparto: Kristoffer Joner, Ane Dahl Torp, Jonas Hoff Oftebro, Edith Haagenrud-Sande, Fridtjov Såheim, Thomas Bo Larsen
 Productor: Are Heidenstorm
 Productora audiovisual: Fantefilm
 Sinopsis: En el fiordo noruego de Geiranger a su paso por la montaña Åkneset el desprendimiento de parte del material de una ladera de montaña avisa de la llegada de un tsunami.



"Imaginad que el problema no son los sensores, sino los cables que hay hasta los sensores. Todas las montañas están formadas por capas, incluidas las nuestras. Nuestras perforaciones atraviesan esas capas.

Tú dijiste que la capa freática desapareció y perdimos el contacto... la capa freática no desaparece. El agua no desaparece, sólo encuentra nuevos caminos, nuevas capas; lo que produce fricciones que hace que las capas se muevan. Si ese movimiento fuese lo suficientemente importante podría cortar nuestros cables.

Entonces, tenemos que hacer nuevos agujeros y poner sensores nuevos, ¿cuál es el problema? – pregunta un compañero.

El peso de la montaña es tan grande, que si el desplazamiento de las capas fuera bastante significativo... no habrá apenas tiempo antes del desprendimiento."

Actividad 3ºESO

Investiga sobre cómo se llega a formar un fiordo. ¿ Hay alguna similitud entre el fiordo que aparece en la película y la garganta del Gran Cañón del Colorado ? ¿ Y entre estos dos y las rías gallegas?

Trabajando en grupo, comparad las proporciones de un fiordo con las de estos dos accidentes geográficos.

Actividad 4ºESO

¿Por qué el agua es uno de los principales agentes de meteorización, erosión y transporte? ¿Cuál es el efecto en el modelado del relieve terrestre provocado por el agua superficial?

Actividad 3ºy 4ºESO

Investiga sobre la dinámica de las aguas subterráneas y su relación con las aguas superficiales. Define también *nivel freático*, relacionando el concepto con lo explicado en la escena: ¿Tiene razones para preocuparse el protagonista por qué el nivel freático haya descendido?

Actividad 1º Bachillerato

Es cierto como dice el protagonista que ¿todas las rocas están formadas por capas? ¿En qué grupo de ellas pensáis que no se cumple?

Por otro lado, ¿crees que factores como la orientación de fracturas o la discontinuidades de pliegues o fallas han provocado el de desprendimiento del material de ladera de la pared de montaña?

Actividad 2º Bachillerato

El modelado glaciar es uno de los tipos fundamentales de modelado geomorfológico o del paisaje. Investiga sobre las formas erosivas más reconocibles del poder del hielo. ¿Qué es la huella glaciar? Pon ejemplos de huellas glaciares cerca de donde vives.

Figura 3. Ficha didáctica preparada con una escena de la película La Ola (2015)

“Erupciones volcánicas masivas y actividad sísmica en el Canal de la Mancha y París“ (Fig. 4) esta escena, de una duración cuarenta y cinco segundos, aparece en el minuto 10,32 de metraje de la película París: infierno helado (2013). En la escena la cabecera de un programa de noticias en televisión informa de los focos de actividad volcánica, minutos después se muestran los temblores de tierra en la zona del Canal de la Mancha y París.

Como ya se comentó anteriormente en el texto, la tectónica de placas, que proporciona el marco teórico que permite comprender, entre otros fenómenos geológicos, los eventos sísmicos y la localización y el comportamiento de los volcanes (López-Ruiz y Cebriá, 2015), es el eje vertebrador de la materia de Geología en Enseñanza Secundaria y Bachillerato (Alfaro, Alonso-Chaves, Fernández y Gutiérrez-Alonso, 2013).

Para entender bien por qué esta escena no es correcta los alumnos deben tener conocimientos sobre tectónica de placas y tipos de borde de placa. Ni el Canal de la Mancha ni París están en un borde de placa y no es posible que haya actividad volcánica ni sísmica de gran magnitud en estos dos lugares. Esto no implica que no exista actividad sísmica de baja magnitud, lo que ocurre prácticamente en toda la litosfera.

El vulcanismo en Etna, Santorini y Monte Hasan se asocia con bordes convergentes y procesos de subducción y destrucción de placa, donde se puede producir vulcanismo de diversos tipos y actividad sísmica intensa y con sismos a diversas profundidades. En Canarias y algunas zonas de Islandia, el vulcanismo es intraplaca, debido a hot spots, ocasionados por plumas del manto. Este tipo de vulcanismo habitualmente es muy fluido, no explosivo ni asociado a actividad sísmica importante, aunque pueden darse algunas excepciones a esta norma. Lo que quiero decir es que en Islandia o en Canarias, cada mucho tiempo sí se producen erupciones con un grado de explosividad alto (aunque no de las magnitudes que ocurren en zonas de subducción).

En otras zonas de Islandia el vulcanismo sí está asociado a bordes de placa, pero a un borde de tipo fisural divergente y no se registra apenas actividad sísmica, siendo superficial cuando existe.

“Temblores en Nevada desencadenan un terremoto en la falla de San Andrés“ (Fig. 5) esta escena, de una duración aproximada de un minuto y medio, aparece en el minuto 26,20 de metraje de la película San Andrés (2015).

Cuando el profesor explica a los ayudantes, presentadora y cámara los temblores en Nevada hay varias cuestiones que se pasan por alto. Parte del estado de Nevada coincide con las Montañas Rocosas, formadas por un proceso compresivo de tipo arco volcánico continental (ANDINO).

Desde las Rocosas a la costa de California, esa masa continental es un conjunto de terranes fragmentos de corteza continental suturado a la placa de Norteamérica durante por el avance de un proceso de subducción de la placa litosférica a la que ese fragmento estaba soldado. En ese terrane está la falla de San Andrés que es un borde transformante (desplazamiento de una placa tectónica respecto a la otra) que implica actividad sísmica pero no volcánica. Esa falla es muy activa y atraviesa numerosas ciudades como San Francisco y pasa muy cerca de otras como Los Ángeles, llegando hasta Baja California (México). Por ello, la explicación que da el profesor de ese “triángulo de fallas”, que une las ciudades de Las Vegas – Los Ángeles – San Francisco no es real. La falla de San Andrés no se adentra en el continente, bordea la costa pacífica, y no pasa por las Vegas como se afirma en la escena.

Por otro lado el concepto de enjambre sísmico “ocurrencia de un conjunto de eventos sísmicos en un área específica durante un periodo de tiempo relativamente corto“ empleado en la escena es usado con corrección. También es correcto cuando se refiere a los ríos como barreras naturales que marcan límites, aunque estos no deben ser necesariamente límites de falla.

Temblores en Nevada desencadenan un terremoto en la falla de San Andrés



Título original: San Andreas
 Título en España: San Andrés
 Dirección: Brad Peyton
 País: EEUU
 Año: 2015
 Duración: 114 min
 Guión: Carlton Cuse
 Reparto: Dwayne Johnson, Carla Gugino, Alexandra Daddario, Ioan Gruffudd, Archie Panjabi, Paul Giamatti
 Productor: Beau Flynn
 Productora audiovisual: New Line Cinema, Village Roadshow Pictures, RatPac-Dune Entertainment, Flynn Picture Co.
 Sinopsis: La película trata lo que en sismología se conoce como 'The Big One', un hipotético megaterremoto que azotaría California.

"Profesor: ¿Qué pasa?"

Ayudante 1: Los pulsos actuales en las estaciones de seguimiento, a lo largo de toda la falla de San Andrés. Las medias han subido de 82 a 85 y los mayores repuntes corresponden a San Francisco: más de 20 puntos por encima de lo que vimos en Nevada.

Profesor: No, no, no ... no puede ser.

Ayudante 1: Lo hemos comprobado, dos veces.

Ayudante 2: Y hemos reseteado todos los instrumentos. No hay duda.

Profesor: Un momento. Si trazamos una línea desde el punto inferior de la falla de San Andrés hasta la presa Hoover, casi sigue exactamente el curso del río Colorado, y eso es una deformación natural. Geológicamente, las deformaciones marcan límites.

¿Y si todo este pedazo de tierra estuviera conectado con nuestra placa tectónica? Eso nos indicaría que lo que ocurrió ayer en Nevada no fue una anomalía. ¿Y si en realidad fue un movimiento precursor a lo largo del borde de la falla transformante, que va de Los Ángeles hasta San Francisco?

Presentadora, que acompañada de un cámara, graba la escena para los informativos mientras los ayudantes y el profesor hablan: ¿Está diciendo que toda la falla de San Andrés podría ceder?

Profesor: Sí, eso es lo que estoy diciendo."



Actividad 3º ESO

Investiga sobre *The Big One*. ¿Crees que California es la zona de mayor sismicidad y peligrosidad de la Tierra? Desarrolla el por qué de tu respuesta.

Busca información sobre terremotos mediáticos que se hayan producido en esta zona de Norteamérica.

Actividad 4º ESO

Investiga sobre los principales focos de actividad sísmica en el planeta. ¿Guarda relación el Cinturón de Fuego del Pacífico con lo que ocurre en la película? ¿Realmente puede ocurrir lo que el Profesor indica en la escena?

Actividad 1º Bachillerato

Investiga sobre qué cadena de montañas formada durante la orogenia andina guarda relación con lo explicado en la escena.

Busca información sobre bordes convergentes y bordes transformantes en esta zona de Norteamérica. La información recabada apoya lo que el profesor explica en la escena.

Actividad 2º Bachillerato

Investiga sobre la figura de Alfred Wegener y sus aportaciones a las Ciencias de la Tierra. En base a lo recabado explica qué es un *terrane* y qué relación guarda con la escena.

En grupo, buscad información que os permita colocar la ubicación de la costa de California en un mapamundi durante los últimos 580 millones de años.

Figura 5. Ficha didáctica preparada con una escena de la película San Andrés (2015)

Discusión y conclusiones

Los recientes trabajos de Emilio Pedrinaci Alfabetización en Ciencias de la Tierra (Pedrinaci et al., 2013) y La Geología que necesitamos (Pedrinaci, 2016) recuerdan la importancia para un alumno de tener nociones básicas sobre el funcionamiento del planeta en el que vive. Sin embargo la Geología tiene una presencia discreta en el diseño curricular de la educación

preuniversitaria en España (Real Decreto 1105/2014). En ESO y Bachillerato se imparte en la mayor parte de los cursos dentro de la asignatura de Biología y Geología, donde la sección de Biología suele siempre llevar más peso, al menos un 60% del total (Pascual Trillo, 2017), o se imparte como asignatura optativa o de modalidad. Los contenidos de geología en educación secundaria obligatoria (ESO) aparecen en 1º, 3º y 4º de ESO en la materia de Biología y Geología. A medida que avanzan los cursos, se va profundizando cada vez más en el estudio de la Tierra, su composición y estructura; el relieve, su formación y evolución, y sobre la dinámica terrestre. Los contenidos geológicos del Bachillerato actual aparecen en cuatro materias: Biología y Geología de 1º y Geología de 2º, que son troncales de opción; Cultura Científica de 1º y Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente de 2º, que son materias específicas opcionales (Pascual Trillo, 2017). Sobre esto apuntar que, en vistas a 2º de Bachillerato, fuertemente condicionado por su papel preparatorio del examen de entrada a la universidad, los profesores de primero centran sus esfuerzos en la Biología, que además por lo general suele ser la formación inicial de la gran mayoría (Pascual Trillo, 2017).

Si hay un contenido común en Geología en los libros de texto de Enseñanza Secundaria y Bachillerato es la Tectónica de Placas (Alfaro, Alonso-Chaves, Fernández y Gutiérrez-Alonso, 2013). El currículo actual la incluye principalmente en 4º de ESO y en 1º de Bachillerato (Alfaro, Alonso-Chaves, Fernández y Gutiérrez-Alonso, 2013), aunque empieza a introducirse en 3º de ESO para poder explicar contenidos relacionados con Manifestaciones de la energía interna de la Tierra y Actividad sísmica y volcánica: origen y tipos de magmas. Así mismo se recuerda en 2º de Bachillerato dentro del bloque 1 del currículo. Aunque la Tectónica de Placas permite explicar la mayor parte de los procesos geológicos, ésta siempre viene introducida a través de los temas de volcanes y terremotos (por extensión tsunamis). Razón por la que han sido escogidos como vértice central de las escenas propuestas en este trabajo para llevar al aula en estos cuatro cursos.

Por otra parte, según Fernández-Río (2018), la elaboración y trabajo en el aula con videos educativos se ha mostrado como una herramienta valiosa en la formación del profesorado, promoviendo la creatividad, estimulando el compromiso con el alumno, proporcionando aprendizajes significativos, desarrollando competencias básicas y permitiendo integrar contenidos de diferentes asignaturas.

Del trabajo aquí planteado se concluye que en general aspectos relacionados con la reconstrucción de un tsunami están mucho mejor tratados en las películas recientes de catástrofes, que aquellos relacionados con las zonas de mayor actividad sísmica y volcánica en el planeta. Esto podría deberse a que el interés que han suscitado algunos grandes tsunamis que se han producido en los últimos años (Sumatra 2004, Japón 2011) ha proporcionado abundante información visual acerca de estos fenómenos. También la información de videos y documentales se ha multiplicado desde que estos fenómenos se han producido. En cuanto a la actividad sísmica y volcánica, a pesar de que suele tener unas características concretas en diferentes zonas del mundo, esto no es tenido en cuenta en las películas analizadas y es frecuente que se generalicen aspectos de estos eventos, sin considerar aspectos técnicos.

Finalmente y en relación con lo apuntado por Fernández-Río (2018), sin pretender que las fichas didácticas sustituyan el contenido de los libros de texto, el empleo de fichas como complemento formativo, que por lo general resulta ameno para el alumnado, parece aportar sin duda un mayor rigor y una visión analítica de los procesos mencionados en el marco de este tipo de películas, permitiendo al alumnado unir conceptos teóricos con efectos prácticos reales para los cuatro niveles de ESO y Bachillerato donde se imparte la materia de geología.

Referencias

- Alfaro, P., Brusi, D., González, M. (2008). El cine de catástrofes, ¿qué catástrofe de cine!. En: A. Calonge, L. Rebollo, M.D. López-Carrillo, A. Rodrigo e I. Rábano (eds.), *Actas del XV Simposio sobre Enseñanza de la Geología*. Cuadernos del Museo Geominero, nº 11. Instituto Geológico y Minero de España, 1-12.
- Alfaro, P., Alonso-Chaves, F.M., Fernández, C., Gutiérrez-Alonso, G. (2013). Tectónica de placas, teoría integradora sobre el funcionamiento del planeta. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 21.2, 168-180.
- Ameijeiras, S., Morón, J.A. (1998). Educación para la salud a través del cine. *Comunicar*, 11, 123-128.
- Arroio, A. (2010). Context based learning: a role for cinema in science education. *Science Education International*, 21.3, 131-143.
- Bergillos Ruíz, P. (1993). Aplicaciones del medio vídeo en el aprendizaje de la Geología. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 1.1, 44-46.
- Brusi, D., Alfaro, P., González, M. (2011). El cine de catástrofes naturales como recurso educativo. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 19.2, 193-203.
- Butler, A.C., Zaromb, F., Lyle, K.B., Roediger, H.L.III. (2009). Using popular films to enhance classroom learning: The good, the bad, and the interesting. *Psychological Science*, 20, 1161– 1168.
- Callender, A.A., McDaniel, M.A. (2009). The limited benefits of rereading educational texts. *Contemporary Educational Psychology*, 34, 30–41.
- Cuñarro, D., Sanmartín, P., García-Rodeja, E. (2019). El año sin verano: una propuesta didáctica con la que tratar contenidos del currículo de 2º de Bachillerato de forma interdisciplinar. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 27(1), 57-68.
- Decreto 86/2015, de 25 de junio, por el que se establece el currículo de la educación secundaria obligatoria y del bachillerato en la Comunidad Autónoma de Galicia.
- Fernández-Río, J. (2018). Creación de vídeos educativos en la formación docente: un estudio de caso. *Revista Electrónica Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 21(1), 115-127.
- González, M., Alfaro, P., Brusi, D. (2011). Los terremotos “mediáticos” como recurso educativo. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 19.3, 330-342.
- Hoffman, H., Granhag, P., See, S., Loftus, E. (2001). Social influences on reality-monitoring decisions. *Memory and Cognition*, 29, 394–404.
- López-Ruiz, J., Cebriá, J.M. (2015). Volcanismo y Tectónica de Placas. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 23.1, 12-23.
- Marín, F. (2011). Teenagers and Motherhood in the Cinema: «Juno», «Precious» and «The Greatest». [Adolescentes y maternidad en el cine: «Juno», «Precious» y «The Greatest»]. *Comunicar*, 36, 115-122.
- Marsh, E.J., Butler, A.C., Umanath, S. (2012). Using Fictional Sources in the Classroom: Applications from Cognitive Psychology. *Educational Psychology Review*, 24.3, 449–469.

- Méndez, E. (2005). Quality cinema: literacy reading strategies through television. [Cine de calidad : estrategia para una lectura alfabetizadora por medio de la televisión]. *Comunicar*, 25.
- Pascual Trillo, J.A. (2017). Necesitamos la Geología también en Bachillerato. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 25.3, 274-284.
- Pedrinaci, E. (2016). La geología que necesitamos. *Alambique. Didáctica de las ciencias experimentales*, 83, 4-6.
- Pedrinaci, E., Alcalde, S., Alfaro, P., Almodóvar, G.R., Barrera, J.L., Belmonte, A., Brusi, D., Calonge, A., Cardona, V., Crespo-Blanc, A., Feixas, J.C., Fernández-Martínez, E., González-Díez, A., Jiménez-Millán, J., López-Ruiz, J., Mata-Perelló, J.M., Pascual, J.A., Quintanilla, L., Rábano, I., Rebollo, L., Rodrigo, A., Roquero, E. (2013). Alfabetización en ciencias de la Tierra. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 21.2, 117-129.
- Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato.
- Romero, D., Fesharaki, O., García, B.A. (2014). Películas de trasfondo paleontológico: análisis científico y propuestas didácticas. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 22.2, 167-176.
- Sánchez, I. (1999). El cine, instrumento para el estudio y la enseñanza de la historia . *Comunicar*, 13, 159-164.