

Gymkhana geourbana como método didáctico y de motivación de estudiantes de Geología

Elisenda Rodríguez Pérez. Daniel Romero-Nieto. Omid Fesharaki.

elisenda.au@gmail.com rome_vk@yahoo.es omidfesharaki@hotmail.com

Resumen: el escaso interés por las Ciencias Geológicas que muestran en general los estudiantes de Educación Secundaria, así como el número cada vez mayor de estudiantes de Geología que abandonan la carrera durante los primeros cursos, obligan a buscar nuevas formas de retener al alumnado e incrementar su interés por esta ciencia. En este trabajo describimos una *gymkhana* geo-urbana, por la ciudad de Madrid, como método didáctico y de motivación de alumnos de la facultad de Ciencias Geológicas de la Universidad Complutense de Madrid. Entre otros aspectos, esta propuesta fomenta el trabajo grupal, la participación activa en la resolución de problemas y la toma de decisiones, la valoración del patrimonio geo-urbano desde otra perspectiva y la integración de los alumnos de primer curso en el ambiente universitario. Para comprobar la efectividad de la propuesta se han realizado varias rutas que incluían departamentos de la facultad de Geología, museos, fachadas de edificios, yacimientos paleontológicos, etc.

Palabras clave: Favorecer el aprendizaje. Geodiversidad urbana. Reparto de roles. Trabajo grupal. Mentores. Destreza geológica. TIC. Didáctica de la geología.

INTRODUCCIÓN

En el sistema educativo español hay una alarmante y creciente ausencia de la Geología como materia obligatoria en la formación del alumnado (ANGUITA, 2006). El escaso conocimiento de la población española sobre esta rama de las Ciencias Naturales es una consecuencia directa de la ausencia de suficientes horas lectivas de Geología en Educación Primaria y sobre todo en Educación Secundaria, que incluso se observa a nivel de estudiantes universitarios (LILLO BEVIA, 1993; CASTILLA y DE LA IGLESIA, 2008). Otras asignaturas, como Ciencias de la Tierra y el Medio Ambiente, no son más que una amalgama de partes de muchas disciplinas (Geología, Biología, Geografía, Ecología, Climatología, etc.), de modo que más que sintetizar toda esa información genera cierta confusión al tratar, en general, de forma somera e inconexa los diferentes temas (PASCUAL TRILLO, 1998). Además, hasta el último Real Decreto que establece la ordenación de las enseñanzas universitarias oficiales y que regula los planes de estudios de los Grados de Ciencias (18770-Real Decreto 1393/2007, de 29 de octubre), ninguna de las restantes carreras de Ciencias impartía Geología como asignatura obligatoria, y por lo tanto los alumnos procedentes de estas carreras

tampoco tenían conocimientos básicos sobre Geología. Finalmente, muchos estudiantes acceden a la carrera de Geología por no alcanzar suficiente nota en la Selectividad para cursar su primera elección, empezando de este modo la carrera sin haber cursado asignaturas relacionadas con esta Ciencia en Bachillerato. Éstos y otros factores (la presión de la actual situación económica y social, las escasas perspectivas de salida laboral, clases impartidas íntegramente de forma magistral y poco motivadora, etc.) generan un clima de ansiedad y una escasa motivación en los estudiantes que ha provocado un aumento en la tasa de abandono tras el primer curso del Grado. Este hecho se da en la mayoría de las carreras de Ciencias y no es exclusivo de España sino que ha sido evidenciado en otros países del mundo (ver referencias en MANDUCA, 2007). Por esta razón creemos importante ampliar los métodos y recursos docentes con actividades, tanto formales como extraacadémicas, que puedan motivar al alumnado. Además, ante el reto que supone la adaptación al Espacio Europeo de Educación Superior (EEES), que prima la evaluación continua, este tipo de actividades son complementos muy interesantes tanto en la formación como en la evaluación del alumnado, y ayudan a mejorar sus resultados académicos durante los primeros cursos de carrera (FLORIDO DE LA NUEZ, *et al.* 2002; WEB 1).

En este trabajo proponemos una actividad que puede servir como un recurso adicional a la hora de aumentar el interés del alumnado por la Geología y por lo tanto motivarle a seguir estudiando esta Ciencia. La actividad consiste en una *Gymkhana* geológica realizada por la ciudad de Madrid y sus alrededores. Tanto las rutas geo-monumentales, que enseñan las características geológicas de las rocas de las que están constituidos los edificios, los monumentos o las paredes del Metro (DÍAZ MARTÍNEZ y GARCÍA PARDO, 1988; FORT GONZÁLEZ *et al.*, 2008; PÉREZ-MONSERRAT *et al.*, 2008; LOZANO *et al.*, 2010), como los museos y las exposiciones científicas, suponen una forma diferente y muy didáctica de enseñar la Geología (MELGAR y DONOLO, 2011; PÉREZ CAMPILLO y CHAMIZO, 2011, entre otros). Sin embargo, en su mayoría, las rutas geo-monumentales y las visitas guiadas a museos se realizan para un público general y suelen ser expositivas, lo que no hace plenamente co-partícipes a todos los asistentes. Para que sean realmente motivadoras y poder hacer totalmente partícipes a los alumnos de la carrera de Geología de estas actividades (rutas geo-monumentales, museos, etc.) planteamos una *Gymkhana* por equipos. Durante esta actividad se pretendía afianzar conocimientos adquiridos en las clases y potenciar el aprendizaje de nuevos conceptos de una forma amena y distinta a la forma de enseñanza convencional en Geología (GARCÍA MOLINA, 2011; REBELO *et al.*, 2011). Por otra parte, se proponían como monitores de la actividad a estudiantes de últimos cursos de licenciatura, máster o doctorandos, para que ejerciendo de mentores, se fomentara su experiencia “docente”, al mismo tiempo que transmitían su pasión por la geología a los alumnos de los primeros cursos. De forma transversal se pretendía dar a conocer la ciudad de Madrid a alumnos procedentes de diferentes ciudades, a través de la Geología, facilitando su integración en el mundo universitario y aumentando su motivación por esta ciencia.

TEMARIO UTILIZADO

Las actividades que se han realizado a lo largo de las distintas rutas destinadas a primer curso han tenido como base el temario (Tabla 1) de las asignaturas Principios de Geología I y II (Grado en Geología), impartidas en la UCM (Real decreto 1393/2007 de 29 de Octubre; BOUC nº 4 de 5 de Marzo 2008; BOUC nº 10, del 7 de Julio de 2008). Paralelamente, otros grupos de control formados por alumnos de cursos más avanzados (segundo, tercero y cuarto cursos de Grado), han realizado la misma actividad con el temario adaptado a su nivel. El temario y las cuestiones pueden modificarse para ser adaptados a diferentes cursos o asignaturas y las actividades pueden ser trasladables a cualquier ciudad, con una labor previa de selección de puntos de interés geodidáctico (BUREK y HOPE, 2006).

Principales Bloques Temáticos	Actividades planteadas en la ruta del Anexo I
Historia de la geología	Tema Incógnita
Origen y estructura de la Tierra	5, 8
Minerales comunes y su clasificación	9, 10
Origen y ciclo de las rocas. Clasificación	1, 7, 11
Tectónica de placas	6, 8
Deformación de las rocas	6
Atmósfera e hidrosfera	12
Erosión, transporte y sedimentación	2
Principios de la estratigrafía	4, 13, 15, 17
Tiempo geológico	3
Historia de la vida y la Tierra	3, 14, 16

Tabla 1. Principales temas tratados en las asignaturas de Principios de Geología I y II relacionados con las preguntas planteadas en la ruta que corresponde al Anexo I.

ÁREA GEOGRÁFICA DE LA ACTIVIDAD

Las pruebas de la *gymkhana* se han concentrado en distintos lugares de la ciudad de Madrid (fachadas de edificios, paredes del metro, monumentos, parques, etc.) (Fig. 1). La buena infraestructura de transporte público de Madrid permite el desplazamiento por zonas alejadas entre sí con bastante rapidez, de este modo se evitan los inconvenientes de organización y distancias entre paradas (REBELO *et al.*, 2011).



Figura 1. Itinerario y paradas de una de las rutas realizadas por los participantes. Corresponde a los puntos de parada indicados en el Anexo I.

La ciudad también cuenta con Museos de Ciencias (IGME, MNCN, etc.) donde están disponibles una gran variedad de muestras y actividades dirigidas para el público, además de centros en los que hay exposiciones tanto temporales como permanentes sobre temáticas relacionadas con las Ciencias de la Tierra (Planetario, exposiciones en la red de metro de Carpetana, Príncipe Pío, etc.) (BARREIRO, 1992; ANGUITA *et al.*, 1982; RODRIGO, 2008). Finalmente, edificios como la Facultad de Ciencias Geológicas (UCM) disponen de una completa colección de ejemplares y muestras de gran interés didáctico expuestos en las vitrinas de sus departamentos. Por este motivo y por su cercanía al centro de la ciudad de Madrid la citada Facultad suponía el punto de partida idóneo para todos los itinerarios que planteamos. Por otro lado, todas las rutas planteadas terminaban en el Yacimiento Paleontológico de Somosaguas, situado en Pozuelo de Alarcón, y que permite unas interesantes posibilidades de trabajo en relación con las áreas de Paleontología, Estratigrafía y Petrología (FESHARAKI *et al.*, 2012).

DESCRIPCIÓN DE LA GYMKHANA

Nuestra propuesta integra los conceptos de gymkhana y juego de *role play*. La palabra *gymkhana* (según el diccionario Panhispánico de dudas de la RAE “yincana”) sirve para designar “un conjunto de pruebas de destreza o ingenio que se realiza por equipos a lo largo de un recorrido, normalmente al aire libre y con finalidad lúdica”. El interés didáctico de este tipo de actividades, aplicados a otras ciencias, ha sido resaltado por diversos autores (ROSIQUE y VEGA, 2001; CLEMENTE DEL AMO, 2005). Por otra parte, que cada alumno adopte el rol (*role play*) de especialista en una de las ramas de la Geología, es una de las mejores formas de aprender la Ciencia ya que dicho alumno asume las responsabilidades del científico (PASCHOALE, 1984; HODSON, 1993). A continuación se detallan las características más sobresalientes de la actividad.

Itinerarios y consecución de la prueba

La *gymkhana* consistió en seis itinerarios diferentes realizados en tres días a lo largo de los cursos 2011/2012 y 2012/2013 por la ciudad de Madrid, con paradas programadas en distintos puntos donde se proponían diversas pruebas o cuestiones que los alumnos debían resolver con éxito para pasar a las paradas siguientes y completar toda la ruta. Los días elegidos han sido fechas no lectivas para la comunidad universitaria como el día del Deporte y la Tierra (finales de Abril), Santo Tomás de

Aquino (28 Enero) o San Alberto Magno (Noviembre), para que los participantes no pierdan clases al mismo tiempo que todas las demás instituciones (Museos, transportes, etc.) funcionen como un día ordinario.

En cada uno de los seis itinerarios cada grupo disponía de un esquema de su ruta y la opción de transporte más rápida (Fig. 1). Se han realizado tres rutas para alumnos de primer curso (ejemplo en Anexo I) y otras tres para alumnos de cursos superiores (segundo a cuarto cursos). El tiempo máximo que se estableció para la actividad fue de tres horas y media. El equipo ganador sería el primero que superara con éxito todas las paradas de su itinerario siempre que al finalizar el recorrido descubriese cual es su “tema incógnita”, una palabra relacionada con la Geología que sirve como hilo conductor de toda la prueba. Las paradas de los diferentes itinerarios fueron distintas con la única excepción de los puntos de inicio y fin (ver apartado de área geográfica de la actividad), aunque siempre con pruebas de similar dificultad y el mismo temario base.

Trabajo en grupos y asignación de roles

En esta actividad se formaron grupos para propiciar el trabajo en equipo de modo cooperativo, aunque en momentos concretos cada alumno por su rol de especialista en una rama de la Geología tenía que liderar el grupo y tomar decisiones, con el objetivo de fomentar la participación de todos los alumnos de cada grupo.

Cada grupo de trabajo estaba compuesto por miembros que interpretaban el rol de un geólogo experto en una de las cinco especialidades en las que dividimos el juego: Estratigrafía, Geodinámica, Mineralogía, Paleontología y Petrología. En cada grupo debía haber un experto de cada especialidad como mínimo, pero esta cifra puede variar hasta tener un máximo de tres expertos de cada especialidad. Así, los grupos oscilarían entre cinco y quince miembros.

Cada grupo de participantes ha estado coordinado por un alumno de master o doctorado, pertenecientes al Equipo de Introducción a la Investigación en Somosaguas (EIIGPBS) (FESHARAKI *et al.*, 2012). Esta labor de monitorización es enriquecedora tanto para los alumnos de grado como para sus “mentores” de postgrado, y favorece un ambiente distendido a lo largo de la actividad (OLIVEROS MARTÍN-VARÉS, *et al.* 2003).

Hilo conductor

La presencia de un hilo conductor en la *gymkhana* logra que las distintas rutas no sean una mera sucesión de actividades y motiva a los alumnos a superar correctamente el máximo número de pruebas para obtener pistas. Cada grupo eligió al comienzo un sobre con un “tema incógnita” que sólo podía conocer el monitor acompañante y que el grupo debía averiguar al final de la prueba para poder ganar. A lo largo del recorrido, cada vez que se superaban satisfactoriamente determinadas pruebas se proporcionaban pistas que delimitaban el “tema incógnita”. Este tema

puede ser: 1 - un autor destacado en la historia de la Geología (Steno, Lyell, etc.); 2 - un proceso geológico (fosilización, metamorfismo, etc.); 3 - un medio sedimentario (lago, desierto, etc.); 4 - un monumento geológico o natural (Gran arrecife Coralino, Cuevas de Naica, etc.); 5 - lugares de interés geológico o con figuras de protección en España (Atapuerca, Timanfaya, etc.) o 6 - cualquier otro tema que el profesor considere pertinente (ver ejemplo de tema y pistas en los Anexos I y II).

Bonificaciones y penalizaciones

Con el fin de acostumbrar a los alumnos al mundo laboral o a la vida investigadora y el trabajo en equipo, así como fomentar la actitud positiva ante los imprevistos y los problemas, se ha diseñado un sistema de penalizaciones, a modo de obstáculos, para las pruebas fallidas. Estas penalizaciones son referentes al tiempo (dejar pasar un medio de transporte público, tener que trabajar cogidos de la cintura, etc.; Fig. 2) o a los recursos (no entregar una pista sobre el “tema incógnita”, no poder hablar con el especialista en la materia de una prueba, etc.). Estas penalizaciones además pueden propiciar ratos de distensión entre alumnos y monitores (mentores o profesores acompañantes).



Figura 2. Participantes realizando una penalización en el Yacimiento Paleontológico de Somosaguas, consistente en tener que realizar una prueba entera cogidos de la cintura.

Dado que siempre es recomendable el refuerzo positivo ante las actitudes de los alumnos se les ha obsequiado con diverso material cedido por el Museo Geominero de Madrid (tablas cronoestratigráficas, pósters geológicos, etc.) como premio por su participación y el interés mostrado a lo largo de la actividad (Fig. 3). Otra posibilidad de

bonificación es el incremento en la nota de la asignatura con la que se realice la actividad.



Figura 3. Entrega de premios a los participantes de uno de los grupos de alumnos de cursos superiores a primero.

Materiales y recursos didácticos

Al inicio de la prueba, se entregó a cada equipo un cuadernillo con las normas de la *gymkhana*, el itinerario de su equipo (ver apartado de características de la actividad), las preguntas y un conjunto de mapas (callejeros, topográficos, planos de museos, etc.). Además, determinadas pruebas requerían la utilización de muestras de mano (minerales, rocas, réplicas de fósiles, etc.) o material de trabajo geológico (brújula, metro de carpintero, lupa, etc.) que los monitores entregaban a los alumnos en el transcurso de la *gymkhana*.

Además de tener los conocimientos teóricos necesarios para la resolución de cada prueba de la actividad es importante para un alumno conocer dónde y cómo puede acceder a la información que le falta, por lo que en algunas paradas propuestas en la *gymkhana*, los participantes podían recoger información sobre alguna de las cuestiones planteadas (buscadores de Internet, *Google Earth*, libros o mapas). Los puntos de información propuestos han sido las bibliotecas de las facultades de Ciencias Geológicas (Campus de Moncloa) y de Trabajo Social (Campus de Somosaguas), (Ver preguntas 1 y 2 del Anexo I).

Tipos de pruebas

A lo largo de la actividad se han realizado cuatro tipos de pruebas: 1 - Pruebas objetivas (ver preguntas 3, 4, 6, 7, 8, 9, 11 y 12 del Anexo I): consistentes en preguntas o problemas de resolución rápida (test de opción múltiple, ordenación de fotogramas,

unir conceptos en dos columnas, etc.) que ponen a prueba los conocimientos teóricos del alumno adquiridos en el aula o durante la actividad; 2 - Pruebas de destreza (ver preguntas 1, 2, 10, 11, 13, 15 y 16 Anexo I): en las que el alumno debe desarrollar sus aptitudes en geología aplicada mediante el manejo de herramientas geológicas (mapas, lupa, brújula, etc.), resolución de problemas cartográficos, muestras de mano (rocas, minerales y fósiles) y la realización de columnas estratigráficas o cortes geológicos. Se incluye aquí la búsqueda de información en Internet, el uso de *Google Earth* o el uso de claves dicotómicas de clasificación; 3 - Pruebas de actitud (ver la Figs. 4, 5 y pruebas 5 y 17 del Anexo I): consistentes en plantear situaciones problemáticas que los alumnos deberán resolver en equipo con un límite de tiempo, como por ejemplo definiciones de términos geológicos mediante dibujos o mímica; 4 - Pruebas de memoria visual (ver cuestión 14 del Anexo I): denominados “puntos de observación” en los cuadernillos de trabajo grupal. Una de las características de los geólogos es su capacidad de observación, toma de datos (dibujos, esquemas, etc.) y síntesis, por lo que en estos puntos los miembros del grupo deberían observar detenidamente y analizar un elemento, pues era el tema de cuestión para una futura pregunta.

A MODO DE SÍNTESIS FINAL

El diseño y posterior desarrollo de las diferentes rutas de esta *gymkhana* por la ciudad de Madrid nos ha permitido verificar este tipo de pruebas como un medio alternativo y motivador para reforzar conceptos previamente aprendidos y enseñar Geología a estudiantes universitarios de cualquier curso. Esta propuesta también podría servir como un método complementario de evaluación de conocimientos adquiridos a lo largo de un curso o de una asignatura concreta, siempre que se adapten las cuestiones al nivel y a los contenidos de dicha asignatura.



Figura 4. Miembros de uno de los grupos representan mediante un dibujo la palabra “diplocraterion-huellas de habitación”.

Una de las habilidades que es importante potenciar en los alumnos es su capacidad para evaluar su propio nivel de conocimiento (MANDUCA, 2007), es decir, que puedan reparar en lo que desconocen para poder resolver cada problema planteado en esta actividad. Éste es el punto de partida para que al menos algunos de los alumnos busquen información y sirve como una motivación añadida para seguir estudiando esta carrera. El trabajo grupal y el reparto de roles de especialistas en geología han permitido que cada alumno se autoevalúe y sea consciente de sus propias limitaciones, lo que ha redundado en un mayor interés por adquirir los conocimientos y las destrezas que le han faltado en cada ocasión para resolver alguna prueba. Los alumnos de primer curso aún no han cursado suficientes asignaturas de todas las especialidades, y por ello no se sienten cómodos adoptando el rol de especialista. En cambio, los alumnos de cursos superiores valoran positivamente el reparto de roles ya que les permite sentirse integrados en el juego. La aplicación de los conocimientos teóricos aprendidos en el aula y la contribución de cada alumno para la resolución de cada prueba ha fomentado el trabajo grupal, así como actitudes de liderazgo de cada alumno en su “especialidad”. El temario y las cuestiones, así como los roles, tienen que ser adaptados para el nivel de conocimientos de los alumnos para mejorar los resultados obtenidos.

En relación con el desarrollo de la actividad, los participantes han destacado que el “tema incógnita” ha mantenido su interés durante toda la actividad y les ha centrado en torno a un objetivo general a conseguir resolviendo cada prueba específica.

El trabajo con mentores ha favorecido un aprendizaje recíproco. Por una parte, ha fomentado un ambiente más distendido que en las actividades regladas, por lo que los alumnos se han sentido más partícipes y más motivados en el proceso de aprendizaje. Por otra parte, a los mentores les ha permitido apreciar el trabajo de los profesores a la hora de preparar actividades docentes, al mismo tiempo que valorar su propio nivel de conocimiento de la Geología.

El uso de juegos como forma de aprendizaje ha demostrado ser una forma muy útil de motivación del alumnado (CASTILLO SÁENZ, 1994; ALONSO-ZARZA *et al.*, 2008; LÓPEZ GONZÁLEZ Y RODRIGO HITOS 2011) como indica la buena acogida de pruebas como la mímica o el dibujo de términos geológicos (Fig. 5). Este tipo de actividades ya han sido propuestas en ambientes de trabajo como el Yacimiento Paleontológico de Somosaguas, demostrando su gran utilidad como método motivador y de enseñanza (CASTILLA *et al.*, 2006; FESHARAKI *et al.*, 2012).



Figura 5. Miembros de uno de los grupos representan mediante mímica la palabra “corte geológico” que es una pista de su “tema incógnita”.

Los participantes han mostrado gran interés por las pruebas de destreza, en las que se requería el uso de herramientas geológicas, debido a que los alumnos los consideran indispensables para su futuro trabajo en Geología de campo (GINÉ, 2009). Aprovechando esta predisposición al aprendizaje creemos que este tipo de actividades se deberían fomentar durante los primeros cursos de la carrera. Las pruebas que requerían el uso de tecnologías de información y comunicación (TIC; MORAL PÉREZ, 1999; MELGAR Y DONOLO, 2011), que representaban una pequeña parte de las actividades de la *gymkhana*, han sido muy valoradas por los alumnos.

Las rutas geo-monumentales nos demuestran que la Geología no sólo está presente en el campo, sino que la podemos encontrar en cualquier parte de la ciudad. Esto permite fomentar entre los estudiantes la apreciación del patrimonio geológico y la geodiversidad desde otro punto de vista. También, esta actividad, ha favorecido el compañerismo y el aumento de su confianza a la hora de realizar trabajos grupales.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos la participación de los 50 alumnos (de 1º a 4º curso de Grado en Geología), cuyo interés durante las pruebas ha sido fundamental para el desarrollo de este proyecto. También agradecemos la colaboración de los responsables del Museo del IGME, y en especial de Ana Rodrigo por su amabilidad y el ofrecimiento de material de divulgación como premio para los participantes en las pruebas de la *gymkhana*. Nuestros más sinceros agradecimientos a Alejandra García Frank por sus sugerencias y la revisión de versiones preliminares del manuscrito.

BIBLIOGRAFÍA

- Alonso-Zarza, A.M.; Flores, D.; Gómez-Miguel, N.; Herrero, S.; Orejana, M.; De Paz, D.; Refugio, M.; Robles, C. y Yagüe, R. 2008. El teatro en las aulas; una forma alternativa de entender la geología. pp: 13-21. En: A. Calonge, L. Rebollo, M.D. López-Carrillo, A. Rodrigo e I. Rábano (Eds.). *Actas del XV Simposio sobre Enseñanza de la Geología*. Instituto Geológico y Minero de España.
- Anguita, F.; San Miguel, M. y Sánchez, J. R. 1982. Un itinerario geológico urbano en las inmediaciones del Museo Nacional de Ciencias Naturales (Madrid). pp: 165-175. En: Raimundo Pidal (Coord.). *II Simposio sobre la Enseñanza de la Geología*. Gijón, España, 342 pp.
- Anguita, F. 2006. ¿Por qué insiste el sistema educativo español en olvidar la Tierra? *Tierra y Tecnología*, 30:82-83.
- Barreiro, A. J. 1992. *El Museo de Ciencias Naturales (1771-1935)*. Ed. Doce Calles, Aranjuez, Madrid. 509 pp.
- Burek, C. y Hope, M. 2006. *The use of town trails in raising awareness of urban geodiversity*. IAEG paper number 609. The Geological Society of London.
- Castilla, G. y De la Iglesia, A. 2008. ¿Qué saben de paleontología los estudiantes universitarios? *Palaeontologica Nova*, 8:165-173.
- Castilla, G.; Fesharaki, O.; Hernández Fernández, M., Montesinos, R.; Cuevas González, J. y López Martínez, N. 2006. Experiencias educativas en el yacimiento paleontológico de Somosaguas (Pozuelo de Alarcón, Madrid). *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 14(3):265-270.
- Castillo Sáenz, E. 1994. El Rocopoly, un recurso didáctico para la enseñanza de la petrología. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 2(1):280-281.
- Clemente del Amo, R. 2005. La gymkhana como recurso didáctico para la enseñanza de la geografía. pp. 255-264. En: Asociación de Geógrafos españoles (Eds.). *Ensinar Geografía na sociedade do conhecimento*.
- Díaz Martínez, E. y García Pardo, B. 1988. Aprovechamiento pedagógico de las rocas ornamentales de las estaciones de metro de Madrid. *Revista Geológica*, 2:277-283.
- Fesharaki, O.; Torices, A.; García Yelo, B. A.; Tejedor-Navarro, N.; De la Ossa, L. y Hernández Fernández, M. 2012. The Somosaguas Palaeontology Project: An envision of Nieves López Martínez for linking science and society. *Spanish Journal of Paleontology*, 27:83-92.

- Florido de la Nuez, C.; Jiménez González, J. L. y Santana Martín, I. 2002. Obstáculos en el camino hacia Bolonia. Efectos en la implantación del EEES sobre los resultados académicos. *Revista de Educación*, 354:629-656.
- Fort González, R.; Pérez-Monserrat, E. M.; Varas, M. J. y Álvarez de Buergo, M. 2008. Ruta geomonumental: la piedra tradicional utilizada en la construcción del patrimonio arquitectónico de Madrid. *Comunicación social de la ciencia, CSIC*, 1-11.
- García Molina, R. 2011. Ciencia recreativa: un recurso didáctico para enseñar deleitando. *Revista Eureka sobre la enseñanza y divulgación de las ciencias*, 8:370-392.
- Giné, N. 2009. Cómo mejorar la docencia universitaria: el punto de vista del estudiantado. *Revista Complutense de Educación*, 20(1):117-134.
- Hodson, D. 1993. Re-thinking old ways: towards a more critical approach to practical work in school sciences. *Studies in Science Education*, 22:85-142.
- Lillo Bevia, J. 1993. Errores conceptuales de los alumnos de EGB sobre la formación de las montañas. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 1(2):98-106.
- López González, M. D. y Rodrigo Hitos, J. 2011. Experiencias docentes: Gymkhana Matemática para estudiantes universitarios por la Ciudad Universitaria de Madrid. *Pensamiento Matemático*, 1:1-15.
- Lozano, R.; Díaz, E.; Jiménez, R. y Baeza, E. 2010. Geología en las paredes: las rocas de tu ciudad. *Plan cuatrienal de divulgación social de las Ciencias de la Tierra. IGME*, 1-16.
- Manduca, C. A. 2007. Improving instruction in mineralogy, petrology and geochemistry – Lessons from research on learning. *Elements*, 3:95-100.
- Melgar, M. F. y Donolo, D. S. 2011. Salir del aula... Aprender de otros contextos: patrimonio natural, museos e Internet. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*, 8(3):323-333.
- Moral Pérez, M. E. 1999. Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC). Creatividad y Educación. *Educación*, 25:33-52.
- Oliveros Martín-Varés, L.; García García, M.; Ruiz De Miguel, C. y Valverde Macías, A. 2003. Innovación en la orientación universitaria. Una experiencia: Red de Estudiantes Mentores de la Universidad Complutense (REMUC). *Contextos Educativos*, 6:331-354.

- Paschoale, C. 1984. *Alice no pais da Geologia e o ela encontrou lá*. En: Anais do XXXIII Congresso Brasileiro de Geologia, 5., 242-249.
- Pascual Trillo, J. 1998. Por unas ciencias ambientales y unas ciencias de la Tierra. Reflexiones críticas y propuestas para un debate. *Enseñanza de las Ciencias*, 16(2):341-351.
- Pérez Campillo, Y. y Chamizo, J. 2011. Los museos: un instrumento para el Aprendizaje Basado en Problemas (ABP). *Revista Eureka sobre la enseñanza y divulgación de las ciencias*, 8(3):312-322.
- Pérez-Monserrat, E. M.; Fort González, R.; Álvarez de Buergo, M. y Varas, M. J. 2008. Rutas Geomonumentales: la geología para la enseñanza y difusión del patrimonio arquitectónico. *Tierra y Tecnología*, 33:39-46.
- Rebelo, D.; Marques, L. y Costa, N. 2011. Actividades en ambientes exteriores al aula en la Educación en Ciencias: contribuciones para su operatividad. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 19(1):15-25.
- Rodrigo, A. 2008. La enseñanza de las Ciencias de la Tierra: el ejemplo del Museo Geominero. *Recursos didácticos en Ciencias Naturales. Memorias de la Real Sociedad Española de Historia Natural*, 5:85-104.
- Rosique, J. y Vega, A. 2001. Ludotraining en COB/Grayser: Desarrollar competencias "jugando". *Capital humano: revista para la integración y desarrollo de los recursos humanos*, 148:60-65.

RECURSOS ELECTRÓNICOS

- Web 1: Instituto Nacional de Tecnologías Educativas y Formación de Profesorado: Paseo geológico por Madrid capital.
<http://recursostic.educacion.es>

ANEXO I

Nota: las pistas y tema incógnita aparecen subrayados y en cursiva, aunque los participantes no disponían de estos datos en sus cuadernillos. Cualquier profesor que quiera las respuestas de estas rutas o alguna ruta diferente de las dos que presentamos en los anexos de este trabajo puede ponerse en contacto con los autores.

Tema: *Leonardo Da Vinci*

PUNTO 1: CIUDAD UNIVERSITARIA

Facultad CC. Geológicas

1. Los suelos de los ascensores de la facultad están formados por un tipo particular de granito característico de nuestro país. Busca en Internet o en la cartoteca de qué zona de España procede este tipo de rocas.

2. Busca en *Google Earth* la región centrada en las coordenadas 36º 55'09"N, 6º26'22"W. ¿Qué proceso exógeno habrá sido el generador del modelado del relieve que se observa?

- ☐ Proceso glacial
- ☐ Proceso eólico
- ☐ Proceso de encajamiento fluvial
- ☐ Procesos de desprendimiento

3. Situar las siguientes especies en un eje del tiempo geológico y ordenarlas cronológicamente (de más antiguo a más moderno). Podéis ayudaros de las muestras que hay en las vitrinas del departamento de paleontología:

- Braquiópodo - *Neospirifer*
- Homínido - *Homo antecessor*
- Bivalvo - *Gryphaea*
- Planta - *Sigillaria*
- Mastodonte - *Gomphotherium*

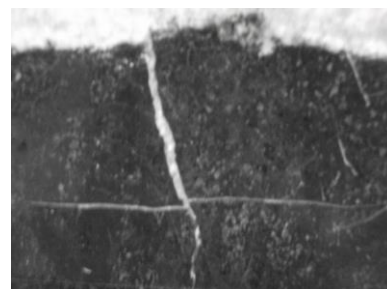


Metro de Ciudad Universitaria

Las paredes del Metro de Ciudad Universitaria (línea 6) están recubiertas por baldosas de piedra ornamental. Obsérvalas y responde a la siguiente cuestión:

4. Una de las baldosas que se encuentra en el andén 1, encima de la última papelera presenta dos venas de calcita. ¿Cuál sería el orden de formación de estas dos venas? ¿En qué principio de la estratigrafía te basas?

- ☐ Primero la vertical y luego la horizontal; Principio de relaciones de corte
- ☐ Primero la horizontal y luego la vertical; Principio de relaciones de corte
- ☐ Las dos se formaron al mismo tiempo; Principio del actualismo
- ☐ Primero la horizontal y luego la vertical; Principio de la horizontalidad inicial



Pista 1: *Era un humanista italiano*

Pregunta durante el trayecto entre Ciudad Universitaria y Planetario (RENFE)

5. Vuestro experto en geodinámica debe hacer el dibujo de una palabra geológica. El resto del equipo deberéis averiguar de qué palabra se trata (*Litosfera*).

PUNTO 2: PLANETARIO

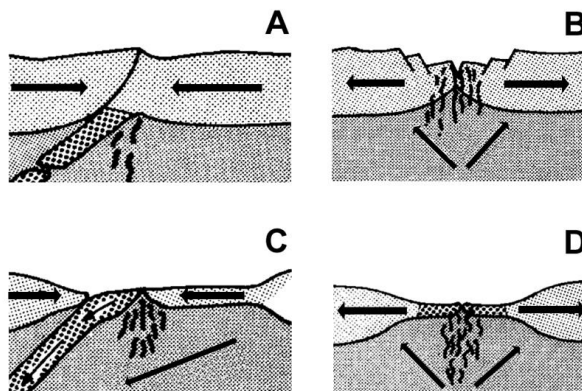
6. En el panel dedicado a los canales, comentan que tanto *Valles Marineris* como el *Valle del Rift* en África se formaron por el mismo proceso tectónico. ¿Qué tipo de fallas son más comunes en esta clase de procesos?

- ☐ Normales
- ☐ Inversas
- ☐ De bajo ángulo
- ☐ Compresivas

7. En el panel sobre volcanes se indica que los magmas de Marte suelen ser muy fluidos. A pesar de que los procesos volcánicos en la Tierra son distintos de los del “Planeta Rojo”, si encontráramos en nuestro planeta un volcán con un magma muy fluido como el de Marte ¿Qué tipo de erupción podría haberlo generado?

- ☐ Ultraplíniana
- ☐ Vulcaniana
- ☐ Hawaiana
- ☐ Peleana

8. Ordena, basándote en el ciclo de Wilson, los siguientes diagramas sobre la formación y destrucción de un océano:



Pista 2: Escribió sobre la formación de las montañas

9. A lo largo de la exposición se nombran minerales como la jarosita o la hematites. ¿Qué tipo de ambiente geoquímico indican estos minerales?

- ☐ Carbonatado
- ☐ Básico
- ☐ Reductor
- ☐ Oxidante

PUNTO 3: METRO CARPETANA

Punto de Observación. Leer y anotar toda la información [paleoecológica](#) que aparece en las planchas de la pared del pasillo de los ascensores de la estación de Carpetana.

Pregunta durante el trayecto de Carpetana a Príncipe Pío (Metro)

10. Muestra de mano: Las dos muestras que te acaba de entregar tu monitor son minerales que pertenecen al ciclo de cristalización de Bowen. Basándote en la situación de estos minerales en dicho ciclo indica cuál sería más fácilmente alterable y por qué.

- ☐ Cuarzo y hornblenda; es más alterable el cuarzo por tener más sílice.
- ☐ Cuarzo y olivino; es más alterable el olivino por ser el primero en cristalizar.
- ☐ Calcita y olivino; es más alterable el olivino por ser el primero en cristalizar.
- ☐ Cuarzo y olivino; es más alterable el olivino por ser el último en cristalizar.

PUNTO 4: PRÍNCIPE PÍO

Una vez que sales de la estación a la calle Cuesta de San Vicente tienes que usar la brújula para avanzar unos 100 metros en dirección N210°W, y una vez allí dirígete en dirección N250°W unos 170 metros. Finalmente responde la siguiente pregunta.

11. Si os habéis orientado bien, habréis llegado al “bosque de trepa” donde podéis observar un conjunto de rocas. En relación con la que aparece en la foto adjunta responder: ¿cuál de las dos litologías es una roca filoniana y qué textura presenta la roca de caja?

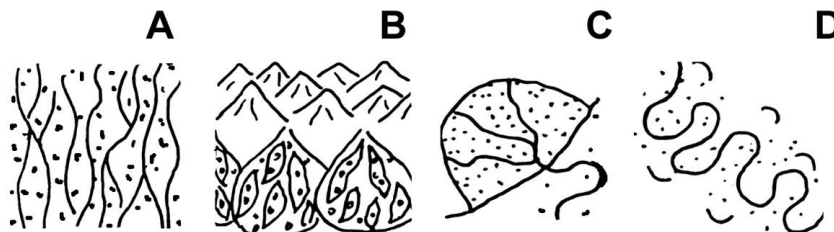
- ☐ la roca filoniana es la número 2 y la textura de la roca de caja es porfídica.
- ☐ la roca filoniana es la número 1 y la textura de la roca de caja es aplítica.
- ☐ la roca filoniana es la 2 y la textura de la roca de caja es granular.
- ☐ la roca filoniana es la número 1 y la textura de la roca de caja es pegmatítica.



Ahora para conseguir la pista número 3, avanza unos 70 metros en dirección N90°.

Pista 3: Se interesó por la hidrodinámica

12. Estás encima del Puente del Rey (Paseo de la Virgen del Puerto) y se observa el río Manzanares en su tramo medio. Aunque por la actuación antrópica no se diferencia, este tramo podría presentar meandros. Ordena las siguientes imágenes que hacen referencia a la evolución de un sistema fluvial desde su nacimiento hasta su desembocadura.



PUNTO 5: MONCLOA

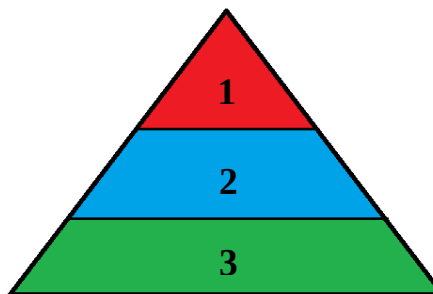
13. En el plano zonal de la estación de metro de Moncloa determina la distancia que hay desde la estación hasta el Faro de Moncloa y una vez fuera determina la altura de su mirador por el método de la visual o la escuadra (suponer que el suelo en la salida del metro de Moncloa y bajo el faro están a igual cota).

- ☐ 95 a 105 m
- ☐ 83 a 93 m
- ☐ 78 a 88 m
- ☐ 45 a 55 m

Pregunta durante el trayecto Moncloa-Somosaguas (Autobús A):

14. Situar las siguientes especies en la pirámide trófica recordando lo que visteis en el [punto de observación](#).

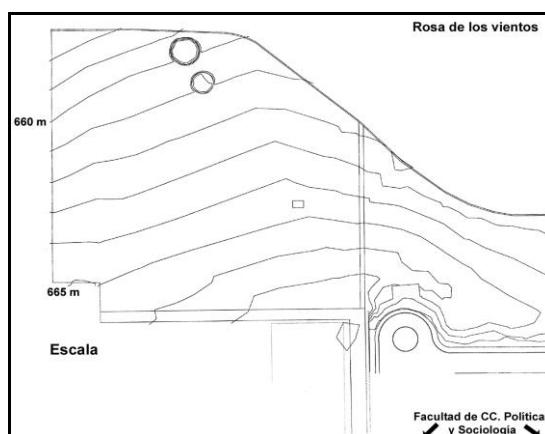
Pseudaelurus quadridentus
Heteroprox moralesi
Anchitherium sp.
Gomphotherium angustidens
Amphicyon giganteus
Hemicyon sansaniensis



Pista 4: Publicó trabajos sobre el proceso de fosilización

PUNTO 6: YACIMIENTO PALEONTOLÓGICO DE SOMOSAGUAS

15. Dado el mapa topográfico del área del Yacimiento de Somosaguas, escribe una escala numérica, dibuja la escala gráfica y dibuja una rosa de los vientos que indique la orientación del mapa.



16. Muestra de mano: Observa la muestra fósil y elige la opción más ajustada:

- ☐ Molde interno de gasterópodo.
- ☐ Molde externo de ammonites.
- ☐ Molde interno de bivalvo.
- ☐ Molde externo de braquiópodo.

17. Tenéis la opción de obtener una última pista para encontrar el “Tema Incógnita” de vuestro itinerario. Para ello dos de los integrantes de vuestro grupo tienen que representar mediante mímica la palabra que les dirá el monitor y tendréis 1 minuto para averiguarlo el resto: [corte geológico](#).

Pista 5: Realizó uno de los primeros cortes geológicos

ANEXO II

Tema: *Huellas de Dinosaurios*

PUNTO 1: CIUDAD UNIVERSITARIA

Facultad de CC. Geológicas

1. En esta prueba tendréis que conseguir las palabras que responden a cada cuestión planteada a continuación, para posteriormente construir una palabra con las iniciales de vuestras respuestas (podéis utilizar Internet; esta será vuestra pista número 1).

- Observa la vitrina 19 (muestra 5) de la planta 3 y responde: ¿qué tipo de esfuerzos pueden haber actuado sobre la muestra?.....
- Parque natural de la Península Ibérica de coordenadas 42°13'52"N 8°54'14"W:.....
- Textura de rocas metamórficas debida a la isoorientación de los minerales de hábito prismático:.....
- En la 6ª planta en la vitrina de variedades del cuarzo (al lado del despacho 7): Es la materia en la que se suelen mineralizar los troncos silicificados:
- Se presenta en cristales monoclinicos de hábito laminar (Antigorita) o fibroso (Crisotilo).....
- Proceso de fusión de las rocas que tiene lugar cuando la presión y la temperatura de la corteza terrestre son muy altas:
- Forma del perfil transversal de los valles característicos de la geomorfología glaciar:.....
- Roca volcánica más rica en cuarzo en el diagrama QAPF:.....
- Propiedad de los minerales del sistema cúbico que hace que permanezcan extinguidos con nícoles cruzados:.....
- Observar el póster de la escala de los tiempos geológicos (planta 2) y buscar el primer período de expansión y diversificación de invertebrados marinos:

Pista 1: *Dinosaurio*

Punto de observación 1. Mirando las muestras de denticiones de la vitrina en frente del despacho 14 de la planta 2, observar las características que permiten clasificar sus dientes y asignarles un tipo de alimentación:

- Selenodontos = las cúspides de los molares se alargan longitudinalmente, arqueándose en forma de media luna (ej: *Anchitherium* sp.)
- Bunodontos = cúspides separadas, bajas y redondeadas (ej: *Ursus spelaeus*)
- Buno-lofodontos = cúspides unidas mediante pequeñas crestas transversales (ej: *Gomphotherium angustidens*)
- Secodontos = molares comprimidos lateralmente con cúspides alineadas y unidas por crestas altas y afiladas (ej: *Smilodon Californicus*)

Cuesta situada entre las facultades de Geológicas y Forestales

Punto de observación 2. Subiendo la cuesta hay un afloramiento sedimentario a vuestra derecha. Fijaros bien en los materiales que aparecen en él. Es importante observar las estructuras, texturas (color, granulometría, cementación,...) y los tipos de minerales.

Metro de Ciudad Universitaria

2. Las siguientes fotografías corresponden a secciones de fósiles que aparecen en las rocas de las baldosas. Clasifícalas ayudándote de los términos del recuadro.



Coral; Bivalvo; Gasterópodo

3. La siguiente fotografía hace referencia a una de las baldosas de la estación de C. Universitaria de la Línea 6. ¿Qué tipo de esfuerzos han generado esas estructuras? y ¿qué composición suelen tener los rellenos de esas venas?

- ☐ Distensivos; cuarzo
- ☐ Cizalla frágil-dúctil; cuarzo o calcita
- ☐ Compresivos; calcita
- ☐ Todas al mismo tiempo; cuarzos y calcitas



Pregunta durante el trayecto C. Universitaria – Ríos Rosas (Metro)

4. Elegir a dos de vuestros expertos para que mediante un dibujo os expliquen un concepto geológico que les dirá vuestro monitor y tendréis que adivinar el resto del equipo: [Huellas de habitación](#) (*diplocraterion*)

Pista 2: Pueden informar sobre el peso o la envergadura

PUNTO 2: MUSEO GEOMINERO Y CALLES ALEDAÑAS

Museo Geominero

5. Busca en las vitrinas el elemento químico que se utilizaba en la fabricación de las bombillas incandescentes:

☐ Níquel

☐ Antimonio

☐ Wolframio

☐ Estaño

6. Nombra dos minerales que contengan este elemento en gran cantidad:

7. ¿Cuál de los siguientes meteoritos tendría una composición similar a la del núcleo de la Tierra?

☐ Siderito

☐ Siderolito

☐ Aerolito

☐ Coprolito

8. Clasifica y escribe la edad correcta de los ejemplares de las siguientes fotos (los encontrarás en la primera planta del Museo):

Pista 3: Jurásico-Cretácico

Punto de Observación 3. Al subir las escaleras, en una de las vitrinas, aparece una muestra de calcita. Observa esta muestra y apunta toda la información que aparece en la ficha, puede ser útil para futuras pruebas.

9. ¿De quién es esta huella? En la segunda planta tienes una pista...



- | | |
|-----------------------------------|-------------------------------------|
| ☐ Primate | ☐ Ornitópodo |
| ☐ Terópodo | ☐ Saurópodo |

10. Busca en alguna de las vitrinas de la primera planta ¿Qué es un coprolito?

- ☐ Huesos fosilizados del oído interno
- ☐ Piedras tragadas para la digestión
- ☐ Heces fecales fosilizadas
- ☐ Tipo de meteorito parecido a un fósil

Alrededores del Museo Geominero de Madrid

11. Fachada del edificio número 64 de la calle Ponzana, Café Alambique; tipo de roca que aparece en la pared.

- | | |
|--------------------------------------|--------------------------------------|
| ☐ Plutónica | ☐ Volcánica |
| ☐ Metamórfica | ☐ Carbonática |

12. Edificio número 46 de la calle Ponzana; deducir el proceso que genera las estructuras que se observan en la fachada:

- | | |
|--|--|
| ☐ Fusión parcial | ☐ Brechificación |
| ☐ Intrusión de diapiro salino | ☐ Restitas de impacto |

13. Edificio 32 de la calle Ponzana; ¿Dónde es más probable encontrar este tipo de rocas? (*Calizas travertínicas*)

- | | |
|--|--|
| ☐ Fondos oceánicos | ☐ Lagos de aguas dulces |
| ☐ Talud continental | ☐ Superficie lunar |

14. Edificio nº 69 de la calle Ponzana; clasifica el tipo de roca:



15. Edificio nº 38 de la calle Ponzana; relaciona la roca de esta fachada con la observada en el nº 69.

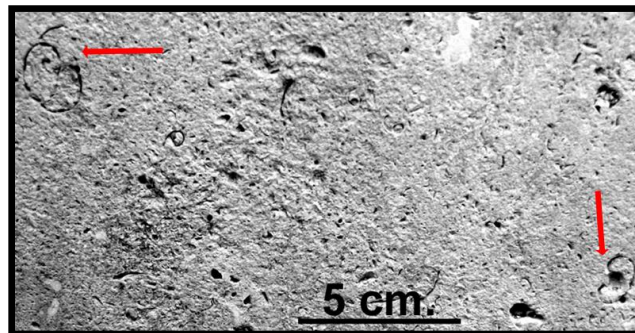


- ☐ La anterior es un protolito de esta
- ☐ La anterior no tiene nada que ver con esta
- ☐ La anterior es la fase fundida de esta
- ☐ Ésta se erosionó y después de la diagénesis generó la anterior

Preguntas durante el trayecto Ríos Rosas – Somosaguas (Autobús A)

16. Las dos fotos siguientes representan materiales sedimentarios. a) Clasificar la foto de la izquierda e indicar (pintar) en la foto la dirección y sentido de la corriente. b) Observando la fotografía de la derecha deducir el tipo de porosidad:

- ☐ Desgasificación de un magma (roca volcánica)
- ☐ Porosidad secundaria por disolución de cuarzos bajo presión
- ☐ Porosidad móldica por disolución de fósiles
- ☐ Disolución de yesos por circulación de agua bajo el nivel freático



PUNTO 5: YACIMIENTO PALEONTOLÓGICO DE SOMOSAGUAS

17. ¿Recuerdas la variedad de calcita que viste en la vitrina del Geominero ([punto de observación 3](#))? Busca en Internet cómo se forma (puedes usar la sala de informática de la facultad de trabajo social. Solo podéis subir dos concursantes mientras que el resto hacen la siguiente prueba)

- ☐ Cementación carbonática entre las grietas de un mudcrack
- ☐ Precipitación de carbonato cálcico en diaclasas
- ☐ Procesos de disolución de evaporitas y cementación en los huecos
- ☐ Decantación de materia orgánica en calizas masivas.

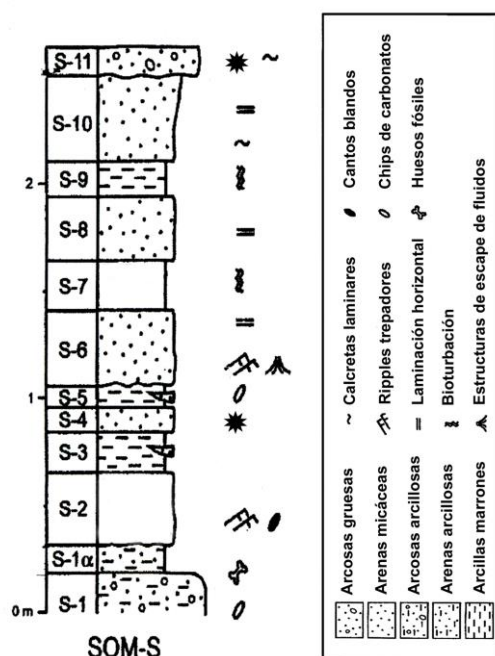
Pista 4: Son bastante abundantes en La Rioja

18. Recuerda el tipo de materiales que viste en el [punto de Observación 2](#). Con relación a los sedimentos más superficiales de Somosaguas podemos decir que:

- ☐ Los sedimentos de “Somo” están mejor seleccionados que los de “Geo”
- ☐ Los de “Somo” son más oscuros que los de “Geo”
- ☐ Los de “Geo” son más finos que los de “Somo”
- ☐ Los de “Geo” tienen mucho más apatito que los de “Somo”

Para obtener la siguiente pregunta (número 19) y poder resolverla seguir las siguientes instrucciones: desde el mural de Somosaguas y en dirección N45°E andar 50 metros y una vez allí en dirección N60°W andar otros 20 metros. Si lo habéis hecho bien estaréis frente a una puerta sobre la que está pegada un sobre con la pregunta.

19. En la siguiente columna litológica de Somosaguas faltan dos de las litologías del tramo 2 por representar. Intentar representarlos. Además hay dos elementos que no están representados correctamente (tienen símbolo de estrella) y tenéis que corregir.



20. Muestra de mano en relación con el [punto de observación 1](#): Los siguientes molares pertenecen a un *Tethytragus*. ¿Qué tipo de dentición presenta y qué hábitos alimentarios tendría ese animal?

- | | |
|---|---|
| ☐ Selenodonto; herbívoro | ☐ Secodonto; carnívoro |
| ☐ Selenodonto; carnívoro | ☐ Bunodonto; omnívoro |

21. Sabiendo que los materiales de Somosaguas buzan 2º hacia el SE y suponiendo que se prolongasen sin experimentar irregularidades geomorfológicas ¿a qué profundidad aproximada estaría el contacto de los tramos T2-T3 a una distancia de 5 Km. en línea recta desde la columna de Somo-Sur?

☐ 50 cm.

☐ 150 cm.

☐ 80 m.

☐ 180 m.

22. Finalmente habéis conseguido llegar a la prueba final:

Elegir a uno de vuestros concursantes para que mediante mímica represente la 5ª pista. Tenéis un minuto para poder deducirlo. *Ichnofossil*

Pista 5: Ichnofossil

Recibido: 7 septiembre 2013.

Aceptado: 9 diciembre 2014.