Gamificando la visión geológica sobre el cambio climático en las Olimpiadas de Geología

Gamifying the geological point of view on climate change in the Geology Olympics

Ester Mateo[1,3], Alfonso Yuste[2,3], María José Mayayo[2,3], Aránzazu Luzón[2,3], Ana Rosa Soria[2,3], Andrés Gil[2,3] y Leonor Carrillo[4]

[1] Departamento de Didácticas Específicas. Área de Didáctica de las Ciencias Experimentales. Facultad de Educación. Universidad de Zaragoza. c/Pedro Cerbuna, 12. 50.007 Zaragoza. emateog@unizar.es
[2] Departamento de Ciencias de la Tierra. Facultad de Ciencias. Universidad de Zaragoza. alfon@unizar.es, mayayo@unizar.es, aluzon@unizar.es, anasoria@unizar.es, agil@unizar.es
[3] Instituto Universitario de Investigación en Ciencias Ambientales en Aragón (IUCA)
[4] Vía Ibérica, 29. 50012 Zaragoza. carrillovigil@yahoo.es

Resumen En este trabajo se presenta una secuencia didáctica donde el alumnado analiza e interpreta datos con el objetivo de construir explicaciones científicas en un contexto de gamificación. Se utilizan las variaciones climáticas del pasado como eje central de la secuencia aprovechando la gran repercusión mediática que tiene el problema del cambio climático y, por tanto, el interés que suscita entre los estudiantes. Los resultados muestran que el alumnado utiliza los datos que aporta la Geología en el conocimiento de los contextos climáticos en el pasado.

Palabras clave: Análisis crítico, clima, competencia científica, gamificación, uso de pruebas.

Abstract *In this work, we propose a didactic sequence where the students analyze and interpret data with the aim of finding scientific explanations in a context of gamification. Past climate changes are used as a key point of the sequence, taking advantage of the great media interest aroused by the present climate change, and the related interest among the students. Results show that students use the data provided by Geology to broaden the knowledge of past climate changes.*

Keywords: *Critical analysis, climate, scientific competence, gamification, use of evidence.*

INTRODUCCIÓN

La educación científica que se proporciona en los centros educativos de enseñanza obligatoria ha de permitir al alumnado[1] saber y saber aplicar los principales contenidos científicos en la resolución de problemas reales relacionados con el mundo natural y formar ciudadanos conscientes y comprometidos con el mundo en el que viven. La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE, 2018) establece que la competencia científica incluye tres grandes dimensiones: 1) evaluación y diseño de investigaciones científicas; 2) interpretación de datos y pruebas, y 3) construcción de explicaciones.

Estas tres dimensiones están relacionadas y es necesario utilizar todas ellas en la resolución de problemas científicos (Blanco y Díaz de Bustamante, 2014). En las actividades que se plantean en este trabajo, la primera dimensión está ya establecida por la propia tarea, de manera, que se trabajan principalmente las dos últimas dimensiones. La segunda de ellas, la recogida y la interpretación de pruebas por el alumnado, es una práctica que se tiene que trabajar en las aulas ya que no es un procedimiento que los estudiantes adquieran espontáneamente (de Pro, 2013). Es necesario que el profesorado diseñe actividades en las que se promueva la construcción de justificaciones a partir de pruebas ya que la mayoría de estudiantes tienen dificultades para relacionar datos con conclusiones (Puig y Jiménez Aleixandre, 2009). Cuando se enseña a los estudiantes a no dar como válida una simple opinión, sino que se les enseña a usar pruebas o datos para defender esta opinión, se favorece la construcción de explicaciones científicas por parte del alumnado (Bravo y Jiménez Aleixandre, 2010). De esta manera, estamos ejercitando la tercera de las dimensiones científicas.

[1] Este artículo utiliza lenguaje no sexista. Las referencias a personas o colectivos en género masculino se hacen por economía del lenguaje y deben entenderse como un género gramatical no marcado.

ISSN (edición impresa): 1132-9157 - (edición electrónica): 2385-3484 – Pags. 60-73

Para trabajar el uso de datos y pruebas y la construcción de explicaciones en las aulas, es imprescindible contextualizar los conceptos que aprenden los estudiantes en problemas reales, cercanos a ellos. Una manera de hacerlo, es utilizar los problemas que surgen en la naturaleza, entre otros los relacionados con la Geología.

La enseñanza de la Geología aporta una serie de actitudes y procedimientos científicos que difícilmente se encuentran en otras disciplinas científicas. Es una ciencia histórica e interpretativa en la que el desarrollo de un pensamiento sistémico y holístico y la perspectiva del tiempo es crucial (King, 2008). En 2009 se publicaron las grandes ideas en Ciencias de la Tierra (National Science Foundation, 2009) y los conceptos que las sustentan. En dicho documento se considera a una persona alfabetizada en Ciencias de la Tierra cuando: 1) comprende los conceptos y procesos fundamentales en Ciencias de la Tierra, 2) sabe buscar y valorar información científicamente creíble sobre la Tierra, 3) comunica contenidos sobre las Ciencias de la Tierra de forma significativa y 4) es capaz de tomar decisiones bien fundadas y responsables sobre la Tierra y sus recursos. Es decir, al trabajar la Geología se ejercitan las tres dimensiones principales de la competencia científica (OCDE, 2018), debido a que es necesario recoger y analizar datos y pruebas geológicas para poder construir explicaciones científicas, argumentar opiniones y extraer conclusiones.

En estos momentos, existen muchos desafíos a los que se enfrenta la humanidad que están relacionados con la Geología: el cambio climático, el agotamiento de las fuentes de energía no renovables, la explotación y extracción sostenible de recursos minerales básicos y estratégicos, repercusión socioeconómica de inundaciones y otros desastres naturales, etc. Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) incluidos por la ONU en la Agenda 2030 sobre el desarrollo sostenible (WBN, 2016) suponen una llamada a la ciudadanía para lograr un mundo más sostenible, social y ambientalmente, con el propósito de evitar la exclusión social. Por ello se hace imprescindible trabajar la Geología en las aulas haciendo comprender a los alumnos que la Tierra es nuestro hogar y que dependemos de ella para nuestra existencia. Por otra parte, el Objetivo 4 es "Garantizar una educación inclusiva, equitativa y de calidad, y promover oportunidades de aprendizaje durante toda la vida para todos". Si este objetivo se cumpliera facilitaría la capacidad de cumplir los otros 16 ODS (Villarroya, Rebollo y Pérez-Cueva, 2019).

En relación con estas ideas, las Olimpiadas educativas constituyen actuaciones que persiguen fomentar y premiar el esfuerzo y el rendimiento educativo entre jóvenes estudiantes, incentivando la detección y atención al desarrollo de jóvenes talentos en diversos ámbitos. Por tanto, cumplen un papel educativo imprescindible entre los estudiantes y el profesorado de Educación Secundaria (Calonge, 2019).

En este trabajo se presenta una actividad de aprendizaje concreta, que constituyó una de las pruebas incluida en la XI Olimpiada de Geología de Aragón (2020). En el diseño de dicha actividad se incluyen y trabajan las 9 ideas centrales que sustentan la alfabetización en Ciencias de la Tierra (National Science Foundation, 2009):

1) En Ciencias de la Tierra, se usan observaciones repetibles e ideas verificables para comprender y explicar nuestro planeta.
2) La Tierra tiene 4.600 millones de años.
3) La Tierra es un sistema complejo en el que interaccionan las rocas, el agua, el aire y la vida.
4) La Tierra está cambiando continuamente.
5) La Tierra es realmente el "planeta agua".
6) La vida evoluciona en una Tierra dinámica y la modifica continuamente.
7) Los seres humanos dependemos de la Tierra para la obtención de recursos.
8) Los riesgos naturales suponen un peligro para los seres humanos.
9) Los seres humanos alteramos considerablemente la Tierra.

Por todo ello, uno de los objetivos planteados fue diseñar una actividad de aprendizaje gamificada en la que los participantes aprendiesen Geología de manera lúdica, motivadora y divertida. El formato de la propuesta posee elementos propios de una actividad de aprendizaje gamificada, ya que la exposición y adquisición de contenidos educativos se realiza en un contexto narrativo en el que los participantes son representados mediante un avatar, juegan en equipo y reciben puntuaciones e insignias, compitiendo bajo reglas y con la presión del tiempo límite (Reeves y Read, 2009, Deterding et al, 2011, Contreras y Eguia, 2016).

Otro de los objetivos que se pretendían alcanzar con esta actividad era mostrar a alumnado y profesorado cómo los conocimientos de la Geología son imprescindibles para informar sobre procesos y acontecimientos climáticos pasados. En este sentido, la Geología recoge, analiza y utiliza datos y pruebas (herramientas, técnicas analíticas y conocimientos) que permiten construir explicaciones sobre las condiciones climáticas reinantes en el pasado. Por ejemplo: la identificación de una roca y su caracterización mineralógica, química y textural, aporta información sobre las condiciones en las que dicha roca se formó; las estructuras sedimentarias hablan de si un terreno estaba sumergido bajo el agua o emergido (expuesto), información que se puede relacionar con cambios en la humedad y por tanto en el clima; la geoquímica de isótopos estables proporciona información sobre el grado de desarrollo de la cubierta vegetal y la temperatura ambiental durante la formación de distintas fases minerales y el conocimiento de la escala temporal a la que tienen lugar los acontecimientos aporta la necesaria visión de pasado y perspectiva del tiempo.

De esta manera, en las pruebas de las que consta la actividad diseñada, los estudiantes tienen que realizar observaciones, entender explicaciones, usar pruebas e interpretar datos científicos con los que construir explicaciones científicas. Estas actividades se realizan colaborando en equipos de 4 personas, como protagonistas y auténticos científicos, emulando a los equipos de investigación reales.

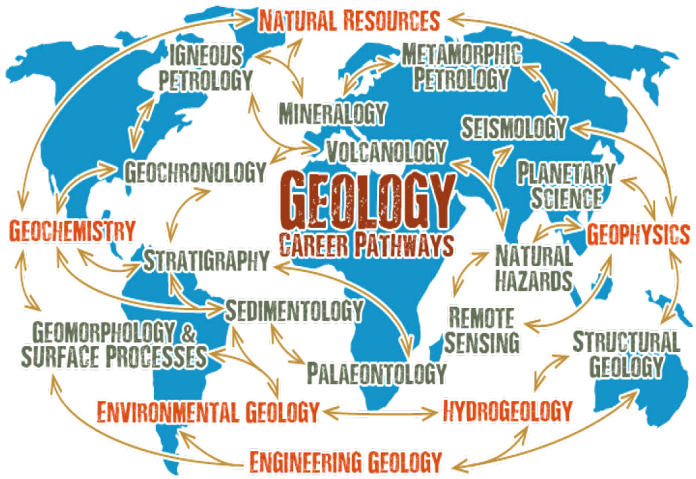
CONTEXTO Y METODOLOGÍA

La Olimpiada de Geología de Aragón es una fase provincial de la Olimpiada de Geología promovida por AEPECT y SGE. Los organizadores de esta Olimpiada diseñan unas actividades destinadas a estudiantes de 4º de Educación Secundaria Obligatoria y de Bachillerato de centros de la Comunidad Autónoma de Aragón. Tal y como está planteada, no se trata exclusivamente de que los estudiantes participantes reproduzcan contenidos trabajados en las aulas, sino que existen también algunas pruebas relacionadas con la aplicación de dichos contenidos a problemas reales en cuya solución interviene la Geología. Por otro lado, y dado que las Olimpiadas son propuestas educativas que estimulan el interés de los estudiantes en diferentes disciplinas académicas a través de la realización de pruebas competitivas de conocimiento y aplicación, con la participación en la Olimpiada de Geología se persigue que los estudiantes compitan de forma intelectual en la resolución de un conjunto de pruebas y ejercicios de carácter geológico. La actividad está diseñada de tal forma que los estudiantes compiten de modo constructivo, comprometido y reflexivo, viéndose fomentado el esfuerzo y el rendimiento académico.

Por otro lado, y a pesar de estar concebida como una competición, se presta una atención especial al trabajo colaborativo, tan necesario en la sociedad actual, de manera que existen tanto pruebas individuales como en grupo. En concreto, en la segunda de las pruebas, de tipo gymkana, se plantea a los estudiantes la resolución en equipo de un problema de interés para la sociedad, para lo que deben apoyar-

CAMBIOS CLIMÁTICOS:HERRAMIENTAS GEOLÓGICAS EN LA CUMBRE DEL CLIMA

Número especial



Cambios climáticos: Herramientas geológicas en la cumbre del clima

Cambios climáticos y Geología

por XI Olimpiada de Geología de Aragón

LA GEOLOGÍA ANTE EL CAMBIO CLIMÁTICO

Durante los últimos años es cada vez mayor la repercusión que tiene en los medios de comunicación y en la sociedad el CAMBIO CLIMÁTICO. Pero, ¿es la primera vez que se produce un cambio en el clima?

La Tierra es un sistema complejo y son varios factores que afectan al clima. Entre ellos, podemos destacar cambios en la energía recibida del sol, en los parámetros orbitales de la Tierra, en la distribución de los continentes y las corrientes oceánicas, o en la concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera. Estos factores han cambiado a lo largo de la historia de la Tierra y por tanto el clima también lo ha hecho.

Conocer cómo fue el clima en el pasado es de vital importancia ya premite predecir escenarios futuros a través de modelos. Por ejemplo: ¿Cómo responderá la Tierra ante el aumento de CO_2? ¿Cuánto puede ascender el nivel del mar? ¿Se producirán extinciones masivas? La Paleoclimatología estudia el clima del pasado ayudando a comprender estos hechos y cómo los ecosistemas se vieron afectados o se adaptaron a los cambios.

Es evidente que no es posible retroceder en el tiempo para ver cómo era entonces el clima, así que en la misión de deducirlo se utilizan distintos registros. El problema resulta más sencillo cuándo queremos conocer cómo fue el clima hace 50 o incluso 100 años, ya que existen documentos gráficos, como textos, fotos o cuadros. Pero ¿qué ocurre si nos interesa saber cómo era el clima hace 1000 años?... ¿o hace 1000000 de años?... ¿o más?.

Los únicos científicos capaces de deducir cómo era el clima de tiempos tan remotos son los geólogos y las geólogas y para ello, utilizan en una serie de registros naturales que, convenientemente interpetados, les ayudan en esta misión. La Geología ayuda en una doble vertiente: permite conocer la edad del registro que estamos estudiando y permite interpetar las condiciones ambientales en ese momento.

Algunos indicadores útiles son los organismos (cambios en las especies o cambios en su composición química, entre otros), los tipos de rocas y sedimentos, así como sus características, los anillos de los árboles, las estalactitas o los sondeos de hielo. En la prueba que te planteamos vas a trabajar con algunos de ellos y a deducir cómo fue el clima en determinados momentos de la historia geológica.

EN ESTE NÚMERO

La Gymkana geológica acerca la Geología a la Sociedad

Año tras año, la Olimpiada Geológica acerca a la Sociedad las herramientas que ofrece la Geología ante retos actuales de gran tascendencia.

Página 15

De profesión: geológ@

Fig. 1. Artículo periodístico ficticio de elaboración propia.

se en gran medida en conocimientos y cuestiones relacionadas con la Geología; proporcionándoles las herramientas necesarias.

Los objetivos planteados por la organización de la Olimpiada de Geología de Aragón se pueden resumir en:

i) fomentar la motivación hacia la Geología presentándola como una ciencia atractiva para los estudiantes, capaz de dar respuestas a problemas que interesen a la sociedad.

ii) mostrar la importancia del entorno natural en dos vertientes muy distintas: salud y economía.

iii) hacer conscientes a los estudiantes de su capacidad para resolver problemas de interés social, en este caso utilizando conocimientos geológicos.

iv) estimular el estudio y la adquisición de competencias relacionadas con la Geología que pueden ser igualmente de utilidad para otras ramas de la ciencia.

v) fomentar la creatividad y el trabajo cooperativo de los estudiantes y su interés por el aprendizaje de la ciencia y sus métodos.

A raíz de la gran repercusión mediática de la Cumbre Del Clima Madrid 2019, y dado que el problema del cambio climático es un tema que suscita el interés del alumnado y es tratado con mucha frecuencia en los centros educativos, desde la organización de la XI Olimpiada de Geología de Aragón se decidió, en esta ocasión, centrar la temática de la gymkana en el papel que tiene la Geología en el conocimiento de los contextos climáticos en el pasado.

En esta edición, participaron 21 institutos de las provincias de Zaragoza, Huesca y Teruel. En total, asistieron a las Olimpiadas 110 alumnos de 4º de ESO, de 1º y 2º de Bachillerato.

En el currículo de las asignaturas de estos niveles no se abordan algunos de los conceptos que se trataban en la gymkana y por ello, previamente al día de la prueba, se envió a los centros documentación para facilitar su preparación. Esta documentación incluía: a) un artículo sobre la aplicación de la quimioestratigrafía de isótopos estables de oxígeno en el campo de la reconstrucción de la variabilidad climática del pasado (Martín Chivelet y Muñoz-García, 2015), b) dos enlaces a webs con información sobre los ciclos de Milankovitch: Viñas (2019-en línea) y Meteoclim Services, S.L. (2016-en línea) y c) un modelo de artículo periodístico ficticio de elaboración propia, en el que se apuntaba a la Geología como rama científica que puede ayudar a deducir cómo fue el clima en determinados momentos de la historia geológica (Fig. 1).

Para la actividad que se propone, los participantes se reúnen en 27 grupos de 4 personas pertenecientes a centros distintos. De esta manera, nos aseguramos que haya grupos internivelares, que no haya roles de liderazgo establecidos y ningún estudiante se sienta condicionado por las dinámicas heredadas de los centros de procedencia.

Los datos obtenidos para analizar la actividad son perspectivas y puntos de vista de los participantes que se recogen mediante observación, producciones de los alumnos, registro fotográfico y entrevistas a los profesores. Toda esta información fue analizada teniendo en cuenta las respuestas correctas en los documentos entregados y las emociones compartidas entre los participantes.

DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD

Planteamiento de la prueba

Al inicio de la actividad se entrega a cada grupo de participantes una ficha (Fig. 2) en la que se les plantea que tienen que escribir un artículo de divulgación sobre el cambio climático adoptando el rol de periodistas.

Asimismo, se les indica que para documentarse, es decir, obtener y analizar datos, tienen que entrevistarse con varios científicos en sus laboratorios de trabajo. Los laboratorios son tres en total: laboratorio de Rocas y Minerales, laboratorio de Estratigrafía y laboratorio de Geoquímica Isotópica (Fig. 3).

En cada uno de los laboratorios, cada equipo tendrá que recoger y analizar datos a través de la observación, comparación e identificación de muestras geológicas y/o a través de la interpretación de información en textos y en gráficas.

Para realizar estos procedimientos científicos (de Pro, 2013), los científicos responsables entregarán a cada grupo un documento en el que deben responder a una serie de cuestiones utilizando los datos y las pruebas que han recogido e interpretado (Anexo I). Junto con este documento se les entrega una nota (Anexo II) que incluye información relevante para poder responder a las cuestiones planteadas en las siguientes pruebas más adelante.

Cada laboratorio se centra en un proxy paleoclimático según la especialidad. De esta manera, los estudiantes viven en primera persona cómo es necesaria la información obtenida en cada uno de los laboratorios (cada área de la Geología) para poder extraer conclusiones fiables y completas que resuelvan el problema.

En las notas que se les proporciona a cada grupo (Anexo II) se incluye un espacio en blanco en el que los participantes tienen que anotar la respuesta a una pregunta del documento de cada laboratorio (la pregunta B). Esta respuesta constituye una "pista climática". Esta pista climática les proporciona información en términos de "cálido" o "frío" que los participantes deberán asociar con determinados periodos de la historia de la Tierra. Además, en cada nota se incluye una palabra clave que deberán utilizar para resolver la prueba final.

Una vez que han dado respuesta a las cuestiones planteadas en cada documento deben entregarlo al científico responsable del laboratorio; este la corregirá y si todas las cuestiones están bien respondidas, entregará una segunda nota (Anexo III). De esta manera, se estimula a los estudiantes a conseguir el máximo número de insignias para resolver el reto final. En esta segunda nota se aporta información que apunta a diversos momentos geológicos y constituye una pista temporal que, junto con la pista climática de la nota del Anexo II, les permitirán identificar inequívocamente un momento de la historia de la Tierra de los señalados con recuadros en la prueba final (Anexo IV). En dichos recuadros tendrán que anotar la palabra clave de la nota co-

Fig. 2. Ficha con el planteamiento de la prueba e instrucciones para su desarrollo. Las hojas 1 y 2 se muestran en los anexos II y III.

PLANTEAMIENTO DE LA PRUEBA

Eres periodista y trabajas para la revista conCIENCIA2. A raíz de la celebración en Madrid en 2019 de la Cumbre del Clima tienes que escribir un artículo sobre el cambio climático. Para documentarte vas a entrevistar a cuatro científicos de distintas áreas de conocimiento que trabajan en el Departamento de Ciencias de la Tierra de la Universidad de Zaragoza. Cada uno de ellos te explica cómo se puede obtener información del clima en el pasado a través del estudio del registro geológico mediante los análisis propios de su área de conocimiento. Durante las entrevistas tomas notas sobre la información aportada por cada científico. Una vez recopilada toda la información que necesitas vas a tu despacho, pones en orden tus notas para elaborar el artículo y planteas un título para el mismo. Dirígete a cada uno de los laboratorios para entrevistarte con estos científicos:

- Laboratorio de Rocas y minerales: entrevistas a la doctora Eva Porita
- Laboratorio de Estratigrafía: entrevistas a la doctora Elena Ripple
- Laboratorio de Geoquímica isotópica: entrevistas al doctor Hilario Deuterio

En cada uno de los laboratorios los científicos te entregarán un documento para completar unas pruebas y una nota con una palabra clave y una pista climática (Hoja 1 del Bloc de Notas). Si resuelves bien la prueba te entregarán una segunda nota con una pista temporal (Hoja 2 del Bloc de Notas).

Orden en el que los grupos tienen que realizar las pruebas

Grupos	Primera prueba	Segunda prueba	Tercera prueba	Redacción Revista
1 a 7	**Lab. Geoquímica isotópica** 2ª Planta Geodinámica (seminario 19)	**Lab. Estratigrafía** 2ª Planta Estratigrafía (seminario 26)	**Lab. Rocas y minerales** 3ª planta Mineralogía (seminario 10)	**Hall**
8 a 14	**Lab. Geoquímica isotópica** 2ª Planta Estratigrafía (seminario 40)	**Lab. Rocas y minerales** 3ª planta Mineralogia (seminario 10)	**Lab. Estratigrafía** 2ª Planta Estratigrafía (seminario 26)	**Hall**
15 a 21	**Lab. Estratigrafía** 2ª Planta Estratigrafía (seminario 26)	**Lab. Rocas y minerales** 3ª planta Mineralogia (seminario 10)	**Lab. Geoquímica isotópica** 2ª Planta Geodinámica (seminario 19)	**Hall**
22 a 27	**Lab. Rocas y minerales** 3ª planta Mineralogía (seminario 10)	**Lab. Estratigrafía** 2ª Planta Estratigrafía (seminario 26)	**Lab. Geoquímica isotópica** 2ª Planta Estratigrafía (seminario 40)	**Hall**

rrespondiente a dicho laboratorio. De esta manera, los alumnos entienden que, a lo largo de la historia, el clima ha ido cambiando y que existen pruebas que así lo atestiguan.

Además, en esta prueba final cada grupo tendrá que construir un titular para su artículo en el que aparezcan las palabras clave en el orden correcto y se valorará el rigor científico, el uso de pruebas, la capacidad de síntesis y la creatividad.

Actividad en el Laboratorio de Rocas y Minerales: entrevista a la doctora Eva Porita

Material necesario: es esencial tener preparadas y sigladas previamente cuatro muestras de roca o mineral. Se eligieron una muestra de carbón, una de mármol, una de yeso (alabastro) y una arcilla, pero esto es adaptable al material disponible. Los alumnos disponían, además de sus sentidos (vista, tacto, sabor), de ácido clorhídrico diluido al 10% con

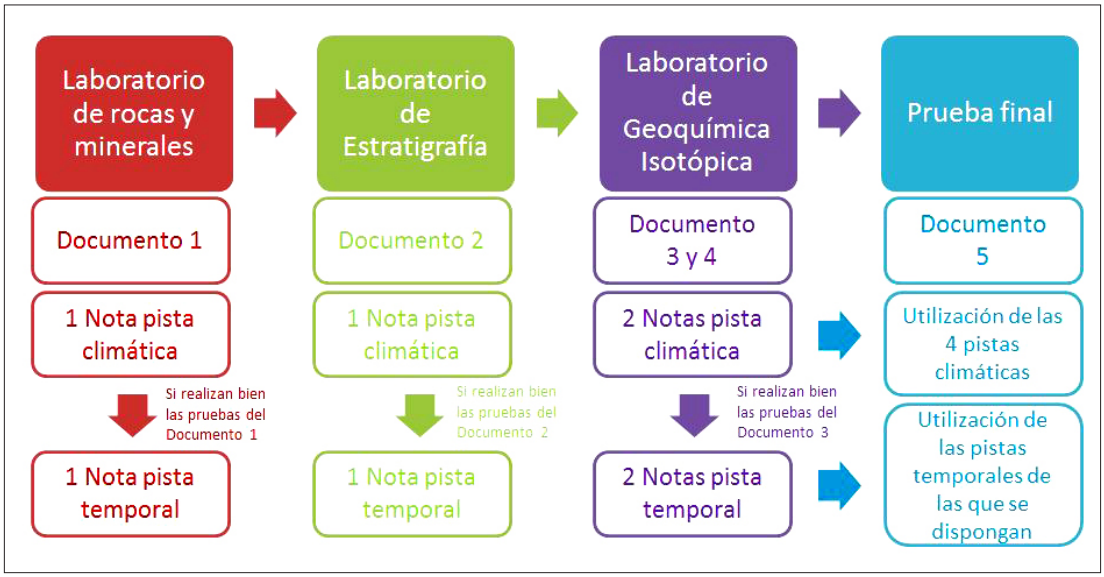


Fig. 3. Esquema de los laboratorios a los que acuden los estudiantes y documentos y notas que utilizan (Anexos I, II y III).

el objetivo de que pudiesen identificar la presencia de carbonatos.

En este laboratorio, se entrega a los estudiantes una nota y un documento en el que tienen que resolver tres cuestiones utilizando para ello toda la información de la que disponen, incluida la relacionada con las muestras y la contenida en el propio documento (Anexo I, Documento 1 y Anexo II).

La primera de las cuestiones consiste en identificar correctamente cuatro muestras de rocas y minerales (Fig. 4), de las cuales se aporta una información básica para ayudar a los estudiantes en la identificación (color, tamaño de los cristales, dureza, presencia de fósiles, etc.). Los alumnos tienen que observar, comparar e identificar rocas y minerales a través de sus propiedades físicas. Además, tienen que relacionar estas propiedades con la información que proporcionan respecto a su origen y, por tanto, en caso de que sea posible, respecto a alguna característica del clima bajo el que se formaron. Por ejemplo, la presencia de yeso, mineral evaporítico, y su incremento en una serie estratigráfica nos informará de una tendencia hacia condiciones climáticas más áridas y cálidas.

Una vez analizadas todas las pruebas y contestadas todas las preguntas del documento tienen que entregarla al responsable del laboratorio, quien la corregirá y, si está toda correcta, les entregará la nota con la pista temporal correspondiente a este laboratorio (Anexo III).

Actividad en el Laboratorio de Estratigrafía: entrevista a la doctora Elena Ripple

Material necesario: es fundamental tener preparadas y sigladas previamente las cuatro muestras de estructuras sedimentarias. En esta ocasión se eligieron muestras de grietas de retracción, ripples, impresiones de gotas de lluvia y estratificación cruzada. Estas muestras podrían ser sustituidas por otras o incluso por fotografías. En este sentido, se puede acudir a catálogos en abierto, como el de la Universidad de Zaragoza (Arenas et al., 2016).

En este laboratorio se les entrega el documento correspondiente en el que tienen que resolver tres cuestiones propuestas (Anexo I, Documento 2) junto con la nota del Anexo II correspondiente al laboratorio de Estratigrafía. La primera de las cuestiones consiste en observar, comparar e identificar cuatro muestras de estructuras sedimentarias (Fig. 5), de las cuales se les da una información básica para ayudarles en la descripción de la estructura e identificación de las rocas donde se encuentran.

Para contestar a las siguientes cuestiones los participantes deberán relacionar las estructuras sedimentarias con los procesos que las originan e interpretar el significado de su sucesión en una columna estratigráfica. Esta prueba les permite conocer cuestiones como ciclicidad sedimentaria, ciclos de Milankovitch o entender la magnitud tiempo geológico. De nuevo, una vez contestadas todas las preguntas del documento tienen que entregarla al responsable de laboratorio, quien la corregirá y, si está toda correcta, les entregará la nota con la pista temporal correspondiente a este laboratorio (Anexo III).

Fig. 4.Muestras de rocas y minerales que los participantes deben identificar en el laboratorio de Rocas y Minerales.

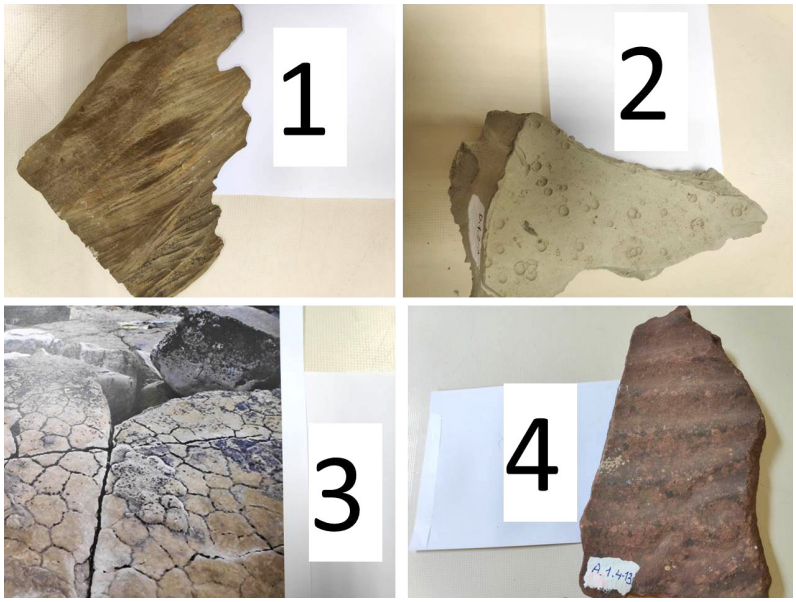


Fig. 5. Muestras de estructuras sedimentarias que los participantes deben identificar en el laboratorio de Estratigrafía.

Laboratorio de Geoquímica isotópica: entrevista al doctor Hilario Deuterio

Parte 1

Material necesario: es primordial tener preparadas dos muestras, una con fósiles y otra sin ellos. Pueden ser muestras de arenas o muestras de roca o, en su defecto, fotografías. Si es posible, se utilizarán lupas o estereomicroscopios que permiten ver detalles que no se pueden ver a simple vista. De esta manera, se guía a los estudiantes en una observación prolongada, sistemática e intencionada (Monteira y Jiménez-Aleixandre, 2016) y en la recogida y análisis de datos de primera mano.

En este laboratorio se les entrega el documento correspondiente, en el que tienen que resolver seis cuestiones (Anexo I, Documento 3), junto con la nota del Anexo II correspondiente al laboratorio de Geoquímica Isotópica (parte 1). Para resolver la tercera de las cuestiones tienen que observar tres muestras de levigado: una con abundantes microfósiles de foraminíferos, otra con escasos microfósiles y una más sin ellos. Los participantes deben elegir cuál de ellas es la más idónea para llevar a cabo un análisis isotópico. En la primera pregunta tienen imágenes de microfósiles, para que sean capaces de reconocerlos. En esta parte de la prueba a partir de los datos isotópicos que se les proporcionan y de su variación en el tiempo tuvieron que realizar interpretaciones paleoclimáticas. Tras contestar a todas las preguntas entregarán la ficha al responsable de laboratorio, quien la corregirá y, si está toda correcta, les entregará la nota con la pista temporal correspondiente a este laboratorio (Anexo III).

Parte 2

En la segunda parte de la prueba correspondiente a este laboratorio (Anexo I, Documento 4), los estudiantes tienen que observar e interpretar una gráfica extrayendo de ella los datos que les permitirá contestar a las preguntas planteadas. Con estas cuestiones se pretende trabajar los conceptos de ciclicidad, escala y perspectiva de tiempo. Para poder resolver correctamente una de las preguntas, necesitaban conocer la información sobre los ciclos de Milankovich que se les había enviado previamente. En esta segunda parte la dinámica fue similar a las anteriores.

Prueba final en la redacción del periódico

En la parte final de la prueba, se entrega el documento 5 correspondiente al Anexo IV. Los participantes deben analizar la información de la que disponen y que está recogida en las ocho notas que han ido recopilando en los tres laboratorios. Usando las pistas climáticas (notas del Anexo II) y las pistas temporales de las que dispongan (notas del Anexo III) tienen que hacer corresponder cada laboratorio con uno de los eventos climáticos señalados con flechas en la figura, y escribir la palabra clave de cada laboratorio, indicada en las notas del Anexo II, en el recuadro correcto.

En las notas climáticas que se ofrecen en los diferentes laboratorios se muestra a los estudiantes cómo algunos minerales y rocas y algunas estructuras sedimentarias nos pueden informar sobre el clima en el que se formaron. Mientras que en las notas temporales se informa sobre los acontecimientos ocurridos a lo largo del tiempo geológico.

Para terminar, se retoma la idea de partida y que da unidad y contexto gamificado a la actividad

Fig. 6. Estudiantes realizando las pruebas propuestas en los laboratorios.

haciendo que cada participante, tras haberse documentado, asuma el avatar de periodista. Para ello se le pide que redacte un titular periodístico en el que aparezcan las cuatro palabras clave de las notas del anexo II en el orden correcto. Las pistas climáticas ofrecidas son: Clima, Geología, Pasado y Evidencias.

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Aunque ningún grupo obtuvo la calificación máxima (20 puntos), el 100% de los grupos "aprobó" la gymkana. La mayoría de los grupos (77,8%) obtuvo calificaciones en el rango del notable (alcanzaron entre 14 y 17 puntos). El 11,1% de los grupos lograron calificaciones de sobresaliente (≥18 puntos) y el 11,1 % de los grupos obtuvieron aprobados, al alcanzar entre 13 y 11 puntos. Por ello, podemos concluir que la prueba diseñada es adecuada para los niveles que se realizaron (4º de Educación Secundaria y 1º y 2º de Bachillerato).

Respecto a las pruebas parciales en los diferentes laboratorios (Tabla 1) todos los grupos aprobaron las dos primeras pruebas con buenas calificaciones. En el laboratorio de Rocas y Minerales, el 55,5% de los grupos respondieron correctamente a las 3 preguntas (5 puntos), el 40,7% de los grupos obtuvieron 4 puntos y 3,7% lograron 3 puntos. En el laboratorio de Estratigrafía, el 96,3% de los grupos acertaron todas las respuestas (5 puntos) y 3,7% obtuvieron 4 puntos. Los estudiantes observaron, buscaron semejanzas y diferencias e identificaron correctamente las muestras de visu propuestas. Además, no tuvieron grandes dificultades en extraer de la documentación facilitada, los datos que les permitieron contestar las preguntas planteadas.

Los peores resultados se han observado en las dos pruebas realizadas en el laboratorio de Geoquímica Isotópica. En la primera parte, únicamente un 3,7% de los grupos contestaron correctamente a todas las preguntas (6 puntos). Respecto al resto de grupos: 3,7% obtuvieron 5 puntos, 44,4% alcanzaron 4 puntos, 25,9% consiguieron 3 puntos, 11,1% lograron 2 puntos y 11,1 % obtuvieron 1 punto.

Datos parecidos obtenemos en la segunda parte de las actividades realizadas en el laboratorio de Geoquímica Isotópica. El 22,2% de los grupos contestaron correctamente a todas las preguntas (3 puntos). El 66,6% de los grupos obtuvieron 2 puntos y el 11,1% consiguieron 1 punto.

Estos resultados se pueden explicar por dos posibles causas: 1) los isótopos es un tema novedoso a nivel curricular y 2) la interpretación de las gráficas y la extracción de datos de dichas gráficas resulta más difícil a los estudiantes que la interpretación de datos de un texto a pesar de ser uno de los procedimientos científicos que es necesario trabajar en las aulas (de Pro, 2013).

Laboratorio	Pregunta	Habilidades científicas	Puntuación máxima
Rocas y Minerales	A	Observación, comparación e identificación de visu de las propiedades físicas de minerales y rocas	55,5 %
	B	Elección e interpretación de datos	
	C	Elección e interpretación de datos	
Estratigrafía	A	Identificación de visu de estructuras sedimentarias	96,3 %
	B	Elección e interpretación de datos	
	C	Elección e interpretación de datos	
Geoquímica isotópica Parte 1	A	Elección e interpretación de datos	3,7 %
	B	Elección e interpretación de datos	
	C	Observación de fósiles con estereomicroscopio, recogida de datos y análisis de datos.	
	D	Interpretación de los datos de una gráfica	
	E	Interpretación de los datos de una gráfica	
	F	Interpretación de los datos de una gráfica	
Geoquímica isotópica Parte 2	A	Interpretación de los datos de una gráfica	22,2 %
	B	Interpretación de los datos de una gráfica	
	C	Interpretación de los datos de una gráfica	
Prueba final	A	Interpretación de los datos de una gráfica y de los datos obtenidos en el resto de pruebas	55,6%
	B	Síntesis de la información obtenida. Rigurosidad y creatividad.	No se puntúa

Tabla I. Habilidades científicas que trabaja el alumnado en cada prueba y porcentaje de grupos que alcanzaron la máxima puntuación.

Tabla II. Respuestas a las cuestiones planteadas en los documentos de los anexos.

Laboratorio	PREGUNTA	RESPUESTAS
Rocas y Minerales	A) Identificación de visu de muestras de rocas y minerales	Carbón (1); mármol (8); alabastro (2); arcilla (9)
	B) En una unidad geológica en la que alternan estratos de yeso y arcilla, los estratos de yeso son mucho más abundantes y potentes que los de arcilla ¿se habrá depositado en un periodo climático caliente o frío?	Caliente
	C) ¿Aporta el mármol información climática sobre el momento en el que se formó?	No
Estratigrafía	A) Identificación de visu de estructuras sedimentarias	Estratificación cruzada (1); gotas de lluvia (2); grietas de desecación (3); ripples (4)
	B) Observando la serie estratigráfica ¿representa cada ciclo un cambio hacia más frio o hacia más calor?	Calor
	C) Considerando la columna estratigráfica completa ¿hay un cambio hacia más o menos evaporación?	Mas
Geoquímica isotópica Parte 1	A) ¿En cuál de los dos contextos climáticos estarán las conchas de los foraminíferos más enriquecidas en 18º?	Contexto 1
	B) El agua marina y las conchas en equilibrio con ellas ¿estarán enriquecidas en el isótopo pesado 18º en épocas frías o clientes?	Calientes
	C) ¿Qué muestra es más adecuada para la realización de un análisis isotópico para obtener información paleoclimática?	La que tenga más microfósiles
	D) ¿En el Pleistoceno hizo más frío o más calor que en el Mioceno?	Frío
	E) ¿Cuándo hizo más frio en el Plioceno, al principio o al final?	Al final
	F) En los últimos 8 millones de años, ha aumentado o ha disminuido $\delta^{18}O$?	Ha aumentado
Geoquímica isotópica Parte 2	A) ¿A qué ciclicidad de las propuestas por Milankovitch corresponden los ciclos de las figuras, excentricidad, oblicuidad, o precesión?	Excentricidad
	B) ¿Hace 400.000 años hizo frío o calor?	Calor
	C) ¿Cuántos metros por debajo del actual llego a estar el nivel del mar hace "tan solo" 20.000 años?	120 metros
Prueba final	A y B) Orden correcto de las palabras clave	GEOLOGÍA / EVIDENCIAS / CLIMA / PASADO

En la prueba final, el 55,5% de los grupos fueron capaces de situar la palabra clave en el recuadro correcto dentro de la gráfica. En este caso, los grupos que dispusieron de mayor número de pistas climáticas fueron los grupos que acertaron la posición de las palabras claves.

Tanto alumnado como profesorado mostraron una valoración positiva de la actividad, justificando que los alumnos habían aprendido a la vez que jugaban (Fig. 6).

CONSEJOS, HERRAMIENTAS Y RECURSOS

El profesorado debe procurar que los estudiantes entienden que se necesita de diversas áreas de la Geología (Mineralogía, Paleontología, Petrología, Estratigrafía) para poder construir explicaciones científicas sobre el clima del pasado. Cada área aporta datos y pruebas que al analizarlos de manera conjunta nos permiten construir explicaciones y extraer conclusiones. De esta manera estarán en condiciones de comprender que los científicos no trabajan solos sino que el conocimiento científico avanza por aportaciones de varios científicos, de varias especialidades dentro de cada disciplina y de varias disciplinas.

En los anexos se presentan los documentos necesarios para poder llevar a cabo las distintas pruebas. No obstante, estos documentos podrían ser modificados para adaptarse al material disponible en el centro, especialmente en cuanto a la disponibilidad de muestras de rocas, de estructuras sedimentarias o de muestras con fósiles. Así mismo en la tabla 2 se aportan las respuestas a las cuestiones planteadas en los documentos de los anexos. Se recuerda que es la respuesta B la que los participantes deben trasladar a las notas del anexo II.

Como se ha demostrado esta secuencia didáctica es un recurso fácilmente trasladable al aula, ya que los alumnos son capaces de recoger y analizar datos para construir explicaciones, a pesar de manejar contenidos no incluidos en el curriculum.

AGRADECIMIENTOS

Al proyecto EDU2016-767-43-P (financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad) y a los grupos de investigación BEAGLE, ARAGOSAURUS Y GEOTRANSFER (pertenecientes al Instituto de Investigación de Ciencias Ambientales, IUCA). Asimismo, a la Diputación General de Aragón (DGA) que ha financiado la realización de la Olimpiada de Geología en las últimas ediciones. Finalmente, a todos los colaboradores, personal docente, estudiantes y personal de administración y servicios del Departamento de Ciencias de la Tierra y la Facultad de Ciencias, sin su colaboración, la Olimpiada no sería posible.

BIBLIOGRAFÍA

Arenas, C., González, A., Pardo, G., Muñoz, A., Pérez, A., Bádenas, B., Meléndez, A., Luzón A. y Soria, A.R. (2016). Catálogo de estructuras sedimentarias: litoteca e imágenes de campo. Disponible en: http://ocw.unizar.es/ocw/course/view.php?id=37

Blanco, P. y Díaz de Bustamante, J. (2014). Argumentación y uso de pruebas: realización de inferencias sobre una secuencia de icnitas. *Enseñanza de las Ciencias*, 32.2, 35-52.

Bravo, B. y Jiménez Aleixandre, M.P. (2010). ¿Salmones o sardinas? Una unidad para favorecer el uso de pruebas y la argumentación en ecología. *Alambique*, 63, 19-25.

Calonge, A. (2019). Olimpiadas de Geología: ¡Cumplimos 10 años! *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 27.1, 125-127.

Contreras, R.S y Eguia, J.L. (2016).*Gamificación en aulas Universitarias*. Bellaterra: Institut de la Comunicació, UniversitatAutònoma de Barcelona.

De Pro, A. (2013). Enseñar procedimientos: por qué y para qué. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 73, 69-76.

Deterding, S., Dixon, D., Khaled, R. y Nacke, L. (2011). From game design elements to gamefulness: defining "gamification". *In Proceedings of the 15th International Academic MindTrek Conference: Envisioning Future Media Environments (MindTrek '11)*. ACM, New York, NY, USA, 9-15. DOI=10.1145/2181037.2181040

King, C.J.H. (2008). Geoscience education: An overview. Studies in Science Education, 44.2, 187-222.

Martín Chivelet, J y Muñoz-García, M.B. (2015). Estratigrafía de isotopes de oxígeno y la reconstrucción de los cambios climáticos del pasado. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 23.2, 160-170.

Meteoclim Services, S.L. (2016-en linea): Blog Meteoclim. Cambio climático y meteorología profesional. URL http://blog.meteoclim.com/ciclos-de-milankovitch

Monteira, S.F. y Jiménez-Aleixandre, M.P. (2016). The practice of using evidences in kindgarten: the role of purposeful observation. *Journal of Research in Science Teaching*, 53.8, 1232-1258.

National Science Foundation, (2009). The Earth Science Literacy Initiative. URL http://www.earthscienceliteracy.org/.

OCDE, Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (2018). *Pisa for development assessment and analytical framework: Reading, mathematics and science*. Paris: OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/19963777

Puig, B. y Jiménez-Aleixandre, M.P. (2009). ¿Qué considera el alumnado que son pruebas de la evolución? *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 62, 43-50.

Reeves, B. y Read, J.L. (2009).*Total Engagement: Using Games and Virtual Worlds to Change the Way People Work and Businesses Compete*. Harvard Business School Press, Boston, MA.

WBN (2016). Objetivos Globales para el Desarrollo Sostenible. *World'sBest News 2016, Spain*. Publicado el 7 de septiembre de 2016. En: https://issuu.com/verdensbedstenyheder/docs/es_160802_eyd_newspaper_isonewspape

Villarroya, L.F., Rebollo, F. y. Pérez-Cueva, A.J. (2019). El sorpasso medioambiental. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 27.2, 131-139.

Viñas, J.M. (2019- en línea): Los ciclos de Milankovitch. Canal de Youtube El tiempo. URL https://www.youtube.com/watch?v=7ZmPSjKI3Fo. ■

Este artículo fue recibido el día 17 de abril de 2020 y aceptado definitivamente para su publicación el 9 de junio de 2020.

ANEXO I. Documento 1.Laboratorio de rocas y minerales

XI OLIMPIADA DE GEOLOGÍA DE ARAGÓN — GYMKANA 2020

GRUPO Nº:	INTEGRANTES (1er apellido):

LABORATORIO DE ROCAS Y MINERALES (Entrevista a la Dra. Eva Porita)

La Dra. Porita te explica cómo la identificación de una roca y su caracterización mineralógica, química y textural, aporta información sobre las condiciones en las que dicha roca se formó. Durante su explicación, a modo de ejemplo, te muestra cuatro rocas, te describe sus características principales y te habla sobre la información que puedes obtener de ellas en relación al clima.

A. Identifica cada una de las muestras de rocas o minerales que te enseña en el laboratorio la Dra. Porita.

B. En una unidad geológica en la que alternan estratos de yeso y arcilla, los estratos de yeso son mucho más abundantes y potentes que los de arcilla ¿esta unidad se habrá depositado en un periodo climático caliente o frío?

Respuesta:

C. El mármol, ¿aporta algún tipo de información climática sobre el momento en que se formó?

Respuesta:

IMPORTANTE: APUNTA LA RESPUESTA B TAMBIÉN EN LA HOJA DE TU BLOC DE NOTAS QUE TE HA ENTREGADO EL RESPONSABLE DEL LABORATORIO

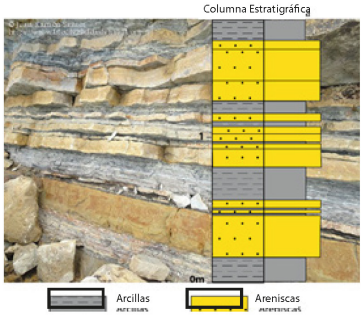
MÁRMOL	CARBÓN	ARCILLA	YESO
► Roca metamórfica ► Cristales pequeños pero observables a simple vista o con lupa de pocos aumentos ► Sin fósiles ► Compuesto por calcita (produce efervescencia con ácido clorhídrico)	► Roca sedimentaria organógena ► Color negro ► Mancha los dedos ► No se aprecian cristales	► Roca sedimentaria detrítica ► Tamaño de grano muy fino ► Roca relativamente blanda ► Presentan tacto suave y/o untuoso	► Mineral típico de rocas sedimentarias evaporíticas ► Color blanco o incoloro ► Cristales pequeños pero observables a simple vista o con lupa de pocos aumentos
MUESTRA Nº: _ _ _ _	MUESTRA Nº: _ _ _ _	MUESTRA Nº: _ _ _ _	MUESTRA Nº: _ _ _ _

Documento 2.Laboratorio de Estratigrafía

XI OLIMPIADA DE GEOLOGÍA DE ARAGÓN — GYMKANA 2020

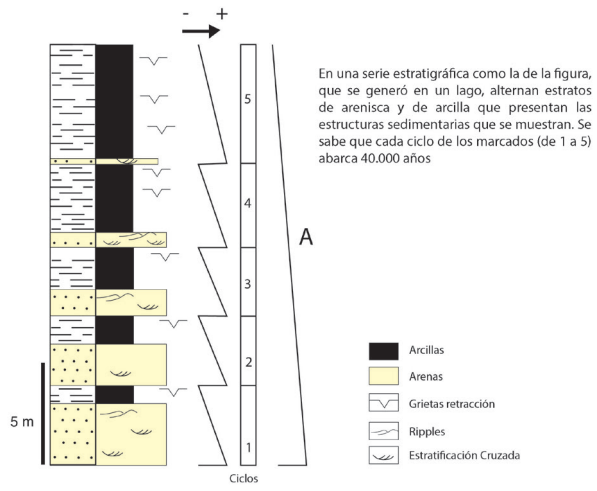
GRUPO Nº:	INTEGRANTES (1er apellido):

LABORATORIO DE ESTRATIGRAFÍA (Entrevista a la Dra. Elena Ripple)



La doctora Ripple te explica que los estratos de una zona presentan una ordenación en la vertical y te cuenta que estos estratos se representan en gráficos (columnas estratigráficas) en los que se incluyen sus principales rasgos, como litología, color, estructuras sedimentarias o restos fósiles. Además, en las columnas estratigráficas se posicionan las muestras que se trasladan al laboratorio para ser analizadas. Elena Ripple te explica cómo las estructuras sedimentarias te hablan de si un terreno estaba sumergido bajo el agua o emergido (expuesto), información que puedes relacionar con cambios en la humedad y por tanto en el clima.

A. Identifica cada una de las estructuras sedimentarias que te muestra en el laboratorio la Dra. Ripple.



En una serie estratigráfica como la de la figura, que se generó en un lago, alternan estratos de arenisca y de arcilla que presentan las estructuras sedimentarias que se muestran. Se sabe que cada ciclo de los marcados (de 1 a 5) abarca 40.000 años

MUD CRACKS O GRIETAS DE RETRACCIÓN	RIPPLES	IMPRESIONES DE GOTAS DE LLUVIA	ESTRATIFICACIÓN CRUZADA
► Grietas poligonales ► Identificable en arcillas	► Ondulaciones en la superficie ► Identificable en areniscas	► Marcas redondeadas ► Identificable en arcillas	► Ordenación de la roca dada por un conjunto de láminas inclinadas ► Identificable en areniscas o conglomerados
ESTRUCTURA Nº: _ _ _ _	ESTRUCTURA Nº: _ _ _ _	ESTRUCTURA Nº: _ _ _ _	ESTRUCTURA Nº: _ _ _ _

B. Como norma general, ¿representará cada ciclo un cambio hacia más frio o hacia más calor?

Respuesta:

C. Si consideras la columna estratigráfica completa, ¿hay un cambio hacia más o menos evaporación?

Respuesta:

IMPORTANTE: APUNTA LA RESPUESTA B TAMBIÉN EN LA HOJA DE TU BLOC DE NOTAS QUE TE HA ENTREGADO EL RESPONSABLE DEL LABORATORIO

ENTREGA ESTA HOJA AL RESPONSABLE DEL LABORATORIO

Documento 3. Laboratorio de geoquímica isotópica-parte 1.

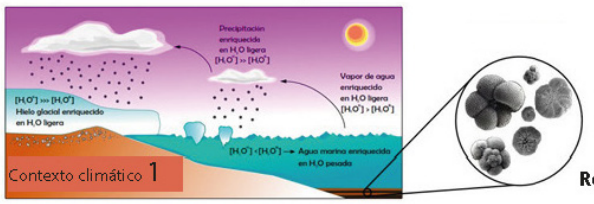
XI OLIMPIADA DE GEOLOGÍA DE ARAGÓN GYMKANA 2020

GRUPO Nº:	INTEGRANTES (1er apellido):

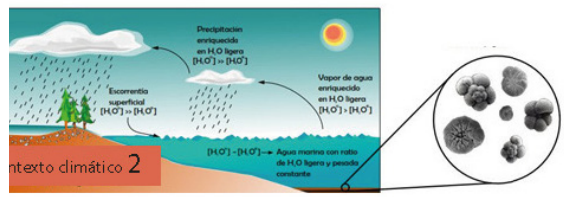
LABORATORIO DE GEOQUÍMICA ISOTÓPICA (Entrevista al Dr. Hilario Deuterio - PARTE 1)

El doctor Deuterio expone que a lo largo de la Historia Geológica han alternado episodios más fríos (glaciares) y más cálidos (interglaciares), como el que vivimos en la actualidad, el Holoceno. Te explica que durante los periodos fríos la composición isotópica del agua del mar es distinta a la de los periodos cálidos, y del mismo modo ocurre con la del carbonato de las conchas de los organismos que viven en el mar. Así, de algún modo, la temperatura queda registrada en la composición de las conchas de pequeños fósiles marinos como los foraminíferos, especialmente a través de la relación entre el isótopo pesado del oxígeno ^{18}O y el isótopo ligero ^{16}O (relación llamada $d^{18}O$). El estudio de los cambios en esta relación en fósiles de distinta edad ayuda a detectar cambios en el clima.

A. En la figura inferior se muestras dos contextos climáticos distintos, 1 y 2. ¿En cuál de los dos estarán las conchas de los foraminíferos más enriquecidas en ^{18}O?



Respuesta:



B. El agua marina, y las conchas en equilibrio con ellas, ¿están enriquecidas en el isótopo pesado ^{18}O ($d^{18}O$ mayor) en épocas frías o calientes?

Respuesta:

C. Observa con la ayuda de la lupa las muestras que tienes en el laboratorio. ¿Cuál de ellas es más adecuada para realizar un análisis isotópico con objeto de obtener información paleoclimática?

Respuesta:

Documento 3. Laboratorio de geoquímica isotópica-parte 1 (continuación)

XI OLIMPIADA DE GEOLOGÍA DE ARAGÓN GYMKANA 2020

La curva negra del gráfico inferior muestra los valores de $d^{18}O$ obtenidos en los foraminíferos de un sondeo extraído del fondo marino que cubre los últimos 8 millones de años. La línea discontinua muestra el valor actual en el mar.

D. Atendiendo a cómo fue durante el Pleistoceno la temperatura del agua del mar con respecto al Mioceno ¿en el Pleistoceno hizo más frío o más calor que en el Mioceno?

Respuesta:

E. ¿Cuándo hizo más frío en el Plioceno, al principio o al final?

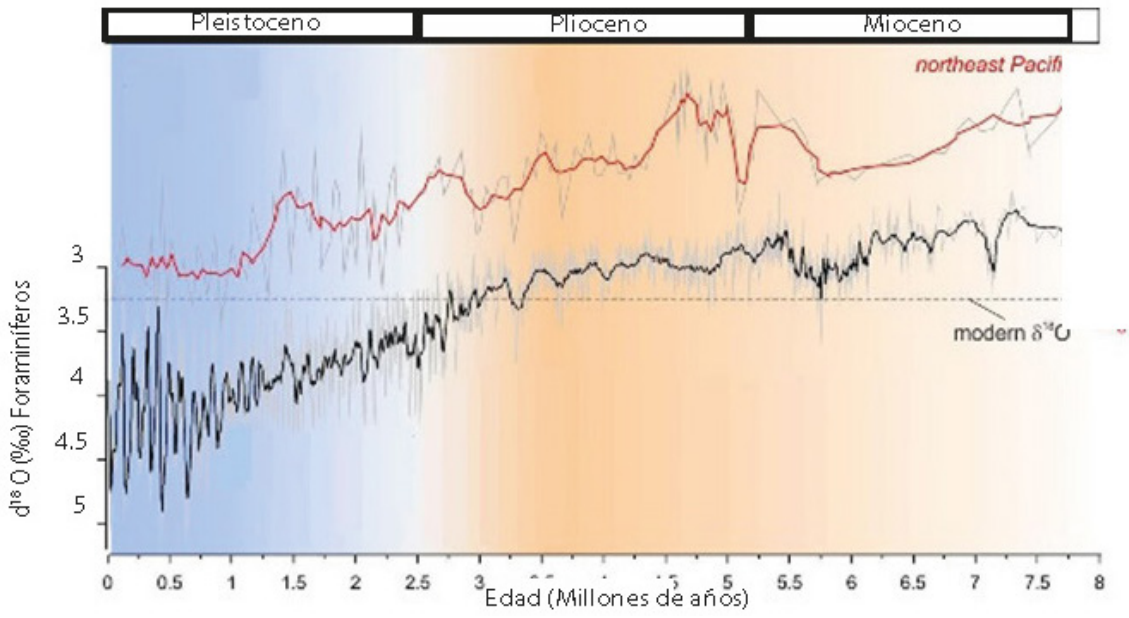
Respuesta:

F. ¿Cómo ha cambiado, en general, el $d^{18}O$ en los últimos 8 millones de años, ha aumentado o ha disminuido?

Respuesta:

IMPORTANTE: APUNTA LA RESPUESTA B TAMBIÉN EN LA HOJA DE TU BLOC DE NOTAS QUE TE HA ENTREGADO EL RESPONSABLE DEL LABORATORIO

ENTREGA ESTA HOJA AL RESPONSABLE DEL LABORATORIO



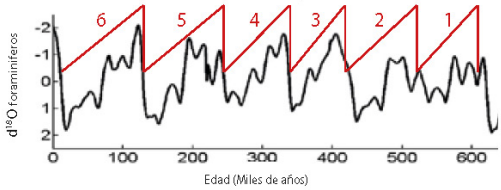
Documento 4. Laboratorio de geoquímica isotópica-parte 2.

XI OLIMPIADA DE GEOLOGÍA DE ARAGÓN — GYMKANA 2020

GRUPO Nº:	INTEGRANTES (1er apellido):

LABORATORIO DE GEOQUÍMICA ISOTÓPICA (Entrevista al Dr. Hilario Deuterio - PARTE 2)

Los cambios climáticos se producen a escalas de tiempo muy diversas. La figura inferior muestra los cambios isotópicos para los últimos 600.000 años (curva negra). El Dr. Deuterio ha hecho una simplificación de la curva, marcando 6 ciclos climáticos (en rojo).

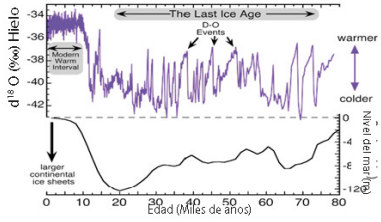


A. ¿A qué ciclicidad de las propuestas por Milankovitch corresponden los ciclos de la figura de arriba: Excentricidad, Oblicuidad o Precesión?

Respuesta:

B. ¿Hace 400.000 años hizo frío o calor?

Respuesta:



La figura de la izquieda muestra un registro paleoclimático aún más detallado, de los últimos 80.000 años. Se trata de datos isotópicos de burbujas de aire atrapadas en hielo que han permitido establecer cómo han sido los cambios en el nivel del mar.

C. ¿Cuántos metros por debajo del actual llegó a estar el nivel del mar hace "tan solo" 20.000 años?

Respuesta:

IMPORTANTE: APUNTA LA RESPUESTA B TAMBIÉN EN LA HOJA DE TU BLOC DE NOTAS QUE TE HA ENTREGADO EL RESPONSABLE DEL LABORATORIO

ENTREGA ESTA HOJA AL RESPONSABLE DEL LABORATORIO

ANEXO II. Notas con palabras clave y espacio para anotar la pista climática

1

LABORATORIO DE ROCAS Y MINERALES
(Entrevista a E. Porita)

- Los minerales evaporíticos precipitan fundamentalmente en climas cálidos y áridos.
- Las acumulaciones vegetales necesarias para que se pueda formar un depósito de carbón se ven especialmente favorecidas en climas tropicales húmedos.
- Las arcillas se pueden formar bajo distintas condiciones climáticas.

Respuesta B:

1

LABORATORIO DE ESTRATIGRAFÍA
(Entrevista a E. Ripple)

- Las grietas de retracción se deben a la desecación rápida de un sedimento antes embebido en agua.
- La estratificación cruzada y los ripples resultan del ordenamiento de los granos por un fluido (las que estas viendo en el laboratorio se generaron en medio acuoso).
- Las gotas de lluvia resultan del impacto de éstas sobre un sedimento no consolidado.

Respuesta B:

1

LABORATORIO DE GEOQUÍMICA ISOTÓPICA - PARTE 1
(Entrevista a H. Deuterio)

El ^{16}O es más ligero y se evapora del agua marina con mayor facilidad.

- Durante las etapas glaciares nieva más y, a pesar de que llueve, una buena parte del ^{16}O queda atrapado en los glaciares.
- Durante los interglaciares se produce una importante fusión del hielo y los glaciares quedan muy reducidos

Respuesta B:

Palabra clave: **PASADO**

1

LABORATORIO DE GEOQUÍMICA ISOTÓPICA - PARTE 2
(Entrevista a H. Deuterio)

- En el caso de los sondeos de hielo, donde se analiza el $d^{18}O$, sucede al contrario que con los foraminíferos. Se ha demostrado que durante las etapas más frías, la nieve presenta valores más bajos de $d^{18}O$ y durante las etapas más cálidas valores más altos.
- La cantidad de agua que hay en los océanos está directamente relacionada con la cantidad de hielo que hay en los glaciares, de manera que cuanto más hielo hay en los glaciares, menos agua hay en los océanos y a la inversa.

Respuesta B:

Palabra clave: **EVIDENCIAS**

ANEXO III. Notas con pistas temporales

2

LABORATORIO DE ROCAS Y MINERALES
(Entrevista a E. Porita)

- Durante la parte superior del primer periodo del Mesozoico (235-207 m.a.) tuvo lugar el depósito de las facies Keuper, constituidas por alternancias de arcillas versicolores, yesos y otros minerales evaporíticos
- Hay depósitos de carbón muy importantes en el Carbonífero y en el Cretácico inferior

Pista TEMPORAL

2

LABORATORIO DE ESTRATIGRAFÍA
(Entrevista a E. Ripple)

- A pesar de la explosión de vida que se produjo en este periodo ningún organismo pudo ver las grietas de desecación que se podían generar en zonas emergidas.
- Existe una hipótesis que plantea que hace 450 millones de años la Tierra estuvo completamente cubierta de hielo

Pista TEMPORAL

2

LABORATORIO DE GEOQUÍMICA ISOTÓPICA - PARTE 1
(Entrevista a H. Deuterio)

- El impacto meteorítico que causó la extinción de los dinosaurios y otras especies produjo una nube que impidió la entrada de los rayos solares a la Tierra durante muchos miles de años
- Coincidiendo con la expansión del género Homo se registraron los valores más altos del $d^{18}O$ en las conchas de foraminíferos de los últimos millones de años

Pista TEMPORAL

2

LABORATORIO DE GEOQUÍMICA ISOTÓPICA - PARTE 2
(Entrevista a H. Deuterio)

- Durante el Cenozoico, Era en la que tiene lugar la expansión de los mamíferos, hubo un evento en el que las emisiones de carbono a la atmósfera fueron similares a las emisiones antropogénicas actuales.
- Hacia la mitad del Paleozoico (410-360 millones de años) la Tierra fue conquistada por los vertebrados y aparecieron las primeras plantas con semillas

Pista TEMPORAL

ANEXO IV

Documento 5: Prueba final

XI OLIMPIADA DE GEOLOGÍA DE ARAGÓN — GYMKANA 2020

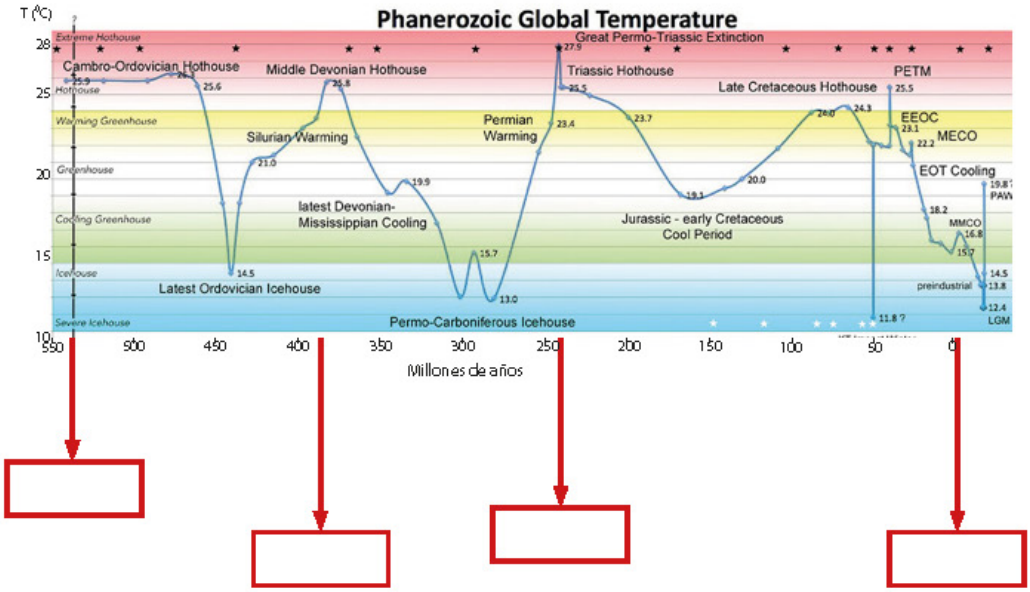
GRUPO Nº:	INTEGRANTES (1er apellido):

PRUEBA FINAL EN LA REDACCIÓN DE LA REVISTA

(PODÉIS REALIZAR LA PRUEBA EN CUALQUIER AULA DE LA PLANTA BAJA)

En la figura inferior se representa la variación de la temperatura (en grados centígrados) a lo largo de los últimos 550 millones de años (Eón Fanerozoico). En ella se indican los principales cambios climáticos ocurridos a lo largo del Fanerozoico. Estudia la información anotada en las hojas del Bloc de Notas y usando la pista climática (Hoja 1) y la pista temporal (Hoja 2) haz corresponder cada Laboratorio con uno de los eventos climáticos señalados con flechas en la figura, para responder a las siguientes cuestiones.

A. Escribe la palabra clave de cada uno de los laboratorios en el recuadro correcto.



B. Escribe un titular para tu artículo en el que aparezcan las palabras clave en orden cronológico de más ANTIGUO a más MODERNO

Titular:

ENTREGA ESTA HOJA AL RESPONSABLE DEL LABORATORIO