

Cuaderno de actividades

compartiendo ideas, experiencias
y prácticas educativas

INTEGRANDO CONCEPTOS GEOLÓGICOS A TRAVÉS DEL JUEGO: R - OCA

Amelia Calonge García
Marta González Díaz
David Brusi Belmonte
Pedro Alfaro García
M^a Teresa Moran Penco
p.120



“EVOLUTIONARY”: DIVULGACIÓN Y ENSEÑANZA DE LA PALEONTOLOGÍA MEDIANTE LA GAMIFICACIÓN



Dánae Sanz-Pérez
Irene Cambroner
Josué García-Cobeña
Víctor G. Peco
Sergio M. Nebreda
Senay Ozkaya de Juanas
Omid Fesharaki
Alejandra García-Frank
p.125

"EVOLUTIONARY": DIVULGACIÓN Y ENSEÑANZA DE LA PALEONTOLOGÍA MEDIANTE LA GAMIFICACIÓN

OBJETIVOS

El objetivo principal es acercar a la sociedad conocimientos sobre Geología, Paleontología y Evolución mediante un formato de juego de mesa, aplicando así la gamificación como complemento a la enseñanza de estas disciplinas en un contexto educativo tanto formal como no formal.

CONTEXTO EDUCATIVO

Alumnos de Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato (Biología, Geología). Adaptable a otras edades y a un público familiar.

DURACIÓN

Una sesión de 2 h. El juego puede adaptarse a una duración mayor o menor.

MATERIALES

- Tablero (Fig. 1-A)
- Fichas (Fig. 1-B)
- Dados (Fig. 1-C)
- Tarjetas (Fig. 2)
- Carteles (Fig. 3)
- Tríptico (Anexo 1)
- Materiales para las pruebas: hojas blancas y material de escribir-pintar, cajones de arena, muestras (fósiles, réplicas y rocas), antifaces y otros, dependiendo de los juegos que se realicen (ver apartado 2 - Reglamento y desarrollo de la partida).

Planteamiento del problema

Desde la Antigüedad clásica hasta la actualidad los fósiles han suscitado un elevado interés en la sociedad. En los últimos siglos, destacables autores han favorecido la aplicabilidad de su término y han postulado numerosas hipótesis, leyes y teorías que han permitido la ampliación del conocimiento sobre la evolución y el registro fósil, como las llevadas a cabo por Charles Darwin, Adolf Seilacher y Lynn Margulis, entre otros.

Los fósiles son el principal objeto de estudio de la Paleontología. Fernández-López (1991, 1997) propone que son cualquier resto y/o señal de actividad de organismos pretéritos, cuya producción no implica necesariamente la muerte de la entidad paleobiológica. Éstos componen el registro fósil que, junto con el registro estratigráfico, forman el registro geológico (Fernández-López, 1997) mediante el cual se estudia y reconstruye la historia de la Tierra y la evolución de la vida a través de la Paleontología.

La Geología y en particular la Paleontología, entre otras disciplinas científicas, son ciencias que actualmente se confunden e incluso son desconocidas para una gran parte de la población (p. ej. Castilla y de la Iglesia, 2008; Cantó-Doménech y de Pro-Chereguini, 2019) pese a su repercusión social y económica. Debido a la transcendencia mediática e interés general del público, los grupos fósiles más conocidos son aquellos pertenecientes a la megafauna mesozoica (p. ej. dinosaurios; Cantó-Doménech y de Pro-Chereguini, 2019) y cenozoica (p. ej. aves y mamíferos). No obstante, estos representan una ínfima parte del registro fósil, siendo ne-

cesario mostrar la gran importancia de otros grupos más diversos, abundantes y que tienen un rango estratigráfico más amplio (p. ej. braquiópodos, moluscos y artrópodos). Asimismo, la Paleontología incluye el estudio de disciplinas como la Paleogeografía, Paleoclimatología o Paleoecología, que proporcionan información sobre el desarrollo y evolución de la Tierra, la vida y sus ambientes. Por este motivo, deben considerarse la organización de eventos de divulgación científica para promover y poner en valor el Patrimonio Natural y de la Paleontología como Ciencia. Particularmente, en España se realizan una amplia diversidad de actividades didácticas y eventos de divulgación como: el “Geolodía”, “La Noche Europea de Investigadores e Investigadoras” o la “Semana de la Ciencia e Innovación de Madrid” (p. ej. Alcalá *et al.*, 2010; García-Frank *et al.*, 2019; Ozkaya de Juanas y Barroso-Barcenilla, 2019; Salas-Herrera *et al.*, 2019).

Entre estas actividades destacan la realización de excursiones al aire libre y de talleres didácticos, siendo interesante utilizar y combinar distintas metodologías como la gamificación por sus numerosos beneficios educativos, entre ellos, el incremento de la motivación (p. ej. Berland y Lee, 2011). Así, en los últimos años se han creado varios juegos destinados al aprendizaje de conceptos básicos sobre Paleontología, destacando el juego de mesa “*EvolveorPerish*”, creado por el Museo Nacional de Historia Natural-Smithsonian (Bonneret *et al.*, 2019); o el libro “El apasionante mundo de la Paleontología” que incluye el juego de ordenador “La gran carrera de la vida” de la Fundación Conjunto Paleontológico de Teruel-Dinópolis (FCPT-D, 2003). No obstante, existe escasa representación de juegos que traten la evolución adecuadamente desde un punto de vista científico (Leith *et al.*, 2016). En consecuencia, el juego “*EVOLUTIONARY: ¿serías capaz de sobrevivir a una extinción?*” (Cambronero *et al.*, en prensa) fue creado con el objetivo de diversificar la oferta de juegos de mesa dirigidos a difundir la Paleontología.

Las actividades basadas en gamificación constituyen un complemento enriquecedor para la enseñanza formal (p. ej. Montero-Herrera, 2017). El juego “*Evolutionary*” está destinado a un amplio espectro de público en un contexto de educación no formal, pudiendo ser desarrollado también por docentes dado que su objetivo principal es el de mostrar a los participantes la historia de la Tierra y el desarrollo de la vida, explicando cómo la evolución de las especies es un proceso producido principalmente por azar cuya evidencia reside en los fósiles. Dicho proceso evolutivo se materializa mediante un tablero que representa el tiempo geológico, en el cual los equipos participantes tendrán que superar una serie de pruebas aleatorias relacionadas con la temática. No obstante, el objetivo del juego no será llegar los primeros a la línea de meta, sino ir ganando el mayor número de puntos de caracteres y, con ellos, ir adquiriendo ventajas evolutivas que pueden favorecer (o no) a los participantes según el desarrollo de los acontecimientos.

Desarrollo de la actividad

1. MATERIALES Y PREPARACIÓN DEL JUEGO

El material necesario para el desarrollo de “*Evolutionary*” incluye el tablero, las fichas de científicos/as, los dados, tarjetas de juego, carteles informativos y el tríptico de la actividad.

Tablero

El Tablero es una tela impresa en formato A0 dividida horizontalmente por su lado más corto en las tres Eras del Fanerozoico y sus respectivos Sistemas en el margen izquierdo (Fig. 1-A). Cada Era (Paleozoico, Mesozoico y Cenozoico) se muestra con un color diferente (rosa, verde y amarillo, respectivamente) y aparecen ilustrados distintos organismos representativos de la fauna y flora de esos periodos mediante siluetas en la misma gama cromática.

El tablero está dividido por cinco líneas discontinuas que representan las cinco extinciones masivas. Parten desde su lugar correspondiente en la tabla cronoestratigráfica y se correlacionan con las casillas de extinción, que juegan un papel importante durante el desarrollo del juego.

Las casillas se distribuyen en el tablero en forma de cladograma, siendo el nodo basal la casilla de inicio. Los clados se dividen hacia los “grupos corona” en la parte superior del tablero. Hay siete tipos de casillas con funciones diferentes repartidas de forma aproximadamente equitativa por todo el tablero: carácter, dado de pruebas, extinción, glaciación, pregunta, prueba individual y refugio (Tabla I).

Fichas de científicos/as

En la mayoría de los juegos de mesa los participantes escogen un personaje u objeto que les represente durante la partida para así poder distinguirse del resto en el tablero. En el caso concreto de este juego, dado su contenido científico y su labor divulgativa, quisimos que estos personajes estuviesen constituidos, de manera equitativa, por científicos y científicas de distintas nacionalidades, que han contribuido a la investigación en las disciplinas de la Paleontología y en el estudio de la evolución. De este modo, cuatro científicos (Charles Darwin, Stephen Jay Gould, Adolf Seilacher y José Luis Sanz) y cuatro científicas (Mary Anning, Nieves López Martínez, Lynn Margulis y Elisabeth Vrba) representan las fichas entre las que pueden escoger los participantes para moverse por el tablero (Fig. 1-B).

Debido a la importante labor divulgativa de este juego y al público al que va dirigido, se ilustraron digitalmente de manera caricaturizada y reconocible a las personas elegidas y se prepararon textos informativos de cada uno de ellos, los cuales se pueden leer antes de comenzar la partida para conocer de manera resumida las contribuciones científicas más relevantes de su carrera. Las caricaturas de los investigadores están impresas y pegadas con cola en cartón recortado como fichas circulares de un tamaño óptimo para el tablero (3 cm de diámetro aproximadamente).

Dados

Hay tres dados que constituyen la base aleatoria de los procesos de evolución en el desarrollo del juego (Fig. 1-C, Tabla II y Tabla III). Los tres son de goma espuma (disponible en un bazar o juguetería) y se han pegado con cola las casillas, impresas en papel, o los círculos de los puntos, hechos en cartón, en todas las caras de los dados.

Dado de puntos

Este dado contiene puntuaciones entre 1 y 4 puntos. Los puntos 2 y 3 están duplicados ocupando así todas las caras del cubo. Se ha diseñado de esta manera para que el avance por el tablero sea más lento, aumentando la jugabilidad. Éste se utiliza para avanzar por el tablero y sortear el número de puntos que gana cada equipo al utilizar el dado de caracteres.



Fig. 1. A) Tablero del juego. B) Fichas del juego. Cada ficha se corresponde con un científico o una científica cuya investigación está relacionada con la Paleontología o la evolución. De izquierda a derecha y de arriba a abajo: Stephen Jay Gould, Mary Anning, Lynn Margulis, Adolf Seilacher, Charles Darwin, Elisabeth Vrba, José Luis Sanz y Nieves López Martínez. C) Dados, de izquierda a derecha: dado de caracteres, dado de puntos y dado de pruebas.

CASILLA	REPRESENTACIÓN	INTERPRETACIÓN
Pregunta		Se representa como un símbolo de interrogación.
Extinción		Se representa como un meteorito antes de colisionar.
Prueba		Se representa como una explosión.
Dado de pruebas		Se representa como un dado cuyos puntos están marcados como siluetas de la concha de ammonoideos.
Carácter		Se representa como una cadena de ADN.
Refugio		Se representa como una cueva.
Glaciación		Se representa como un conjunto de cristales de hielo y una línea quebrada blanca que hace las veces de gráfica y carámbano.

Tabla I. Casillas del tablero.





CARA DEL DADO	REPRESENTACIÓN	INTERPRETACIÓN
Plumas		Se representa como una pluma.
Aletas		Se representa como una aleta caudal heterocerca.
Dientes		Se representa como un diente molariforme.
Social		Se representa como una abeja sobre una celdilla del panal.
Escamas		Se representa como un grupo de escamas imbricadas.
Pelo		Se representa como el penacho de la cola de un león.

Tabla II. Caras del dado de caracteres.

CARA DEL DADO	REPRESENTACIÓN	INTERPRETACIÓN
Pregunta		Se representa como un símbolo de interrogación.
Prueba		Se representa como una explosión.
Competencia		Se representa como un ying-yang sustituyendo los puntos por las letras V y S.
Simbiosis		Se representa como la cabeza de un búfalo africano y un picabueyes posado en uno de sus cuernos.
Evento		Se representa como un volcán en erupción.
Tira otra vez		Se representa como el dado de pruebas, con una flecha en forma de arco.

Tabla III. Caras del dado de pruebas.

Dado de caracteres

Al caer en la casilla caracteres, se tira este dado para sortear el tipo de carácter a obtener (Tabla II).

Dado de pruebas

Este dado se tira al caer en la casilla del mismo nombre, sorteando el tipo de prueba a afrontar por los participantes (Tabla III).

Tarjetas

Las tarjetas son uno de los elementos clave mediante las cuales se generan aleatoriamente las distintas situaciones y pruebas por las que transcurre la partida. Los equipos interactúan con ellas a partir de las casillas del tablero en las que van cayendo, así como con el dado de pruebas. Existen cinco tipos de tarjetas dependiendo de su contenido y de la casilla en la que se haya caído: Pregunta, Prueba de Equipo, Competición, Eventos y las tarjetas "fosictionary" (necesarias para la prueba "Adivina el fósil") (Fig. 2; ver apartado "Desarrollo de la actividad").

Las tarjetas están diseñadas digitalmente y se imprimen a doble cara (por un lado el contenido y por el dorso el dibujo correspondiente para poder identificarlas) todas en papel grueso a tamaños 6 x 9 cm salvo las de evento que tienen el doble de altura (12 x 9 cm).

Carteles

El juego consta de cinco carteles (Fig. 3) que pueden ser consultados una vez que el equipo obtiene la cualidad de nadar (ver tabla IV). Están diseñados digitalmente e impresos a tamaño A3 y para su mayor duración se han plastificado. Son de autoría propia, pero se han usado ilustraciones extraídas de internet.

Cartel de científicos y científicas

Es un cartel dedicado a los investigadores elegidos para representar a los equipos en las fichas de juego. En él se exponen de manera general las contribuciones más relevantes a la Paleontología: los hallazgos jurásicos de Mary Anning, "El origen de las especies" de Darwin, la teoría del equilibrio puntuado de Stephen Jay Gould, los estudios de evolución de los lagomorfos cenozoicos de Nieves López, la teoría endosimbiótica de Lynn Margulis, los estudios de aves primitivas del yacimiento de las Hoyas de José Luis Sanz, los estudios de la fauna de Ediacara de Adolf Seilacher y la hipótesis "de la renovación evolutiva abrupta" de Elisabeth Vrba.

Cartel de Eras

• Precámbrico-Paleozoico. En el cartel del Paleozoico hay una pequeña franja dedicada al Precámbrico con la edad de la Tierra, la Luna, el primer indicio de vida, el registro de las primeras células eucariotas, la formación del supercontinente Rodinia, la apa-

rición de la fauna de Ediacara y, por último, la Explosión del Cámbrico. En el Paleozoico se destacan las tres extinciones masivas (límite Ordovícico-Silúrico, límite Devónico-Carbonífero y “la Gran Mortandad” de finales del Pérmico) donde se mencionan la desaparición de los principales grupos (p. ej. los graptolitos en la extinción del Devónico-Carbonífero o los trilobites a finales del Pérmico). Se mencionan también la aparición de los primeros vertebrados y arrecifes (corales), el registro de los primeros placodermos, insectos, tetrápodos y cefalópodos, y la formación del supercontinente Pangea. Además están señaladas las apariciones de las algas, la conquista del medio terrestre por la flora y el registro de los primeros bosques con el fin de no limitar la información a los grupos faunísticos.

- Mesozoico. En el cartel sobre el Mesozoico se destacan las dos extinciones masivas (final del Triásico y final del Cretácico) con sus posibles causas y los grupos principales que desaparecen, el registro de los primeros pterosaurios y dinosaurios, los grandes reptiles marinos, los primeros mamíferos y el primer registro de plantas angiospermas y dinosaurios avianos.
- Cenozoico. Se destacan la aparición de los primeros primates y proboscídeos, los primeros primates superiores, la diversificación de los mamíferos, el desarrollo de los ecosistemas de pradera, el primer registro de *Australopithecus* y el género *Homo*, el Gran Intercambio Americano del Plioceno y el comienzo de la Edad de Hielo del Holoceno.

Cartel Paleontología vs. Arqueología

Es un cartel vertical dividido en dos columnas que muestra los ámbitos de estudio de cada disciplina para evitar el error común de confundir ambos campos científicos. Además, se han añadido imágenes de personajes de ficción con estas profesiones (p. ej. Alan Grant y Ellie Sattler de la película Jurassic Park) para mostrar referentes de la cultura popular al público más joven.

Tríptico

Para la mejor comprensión del juego se desarrolló un tríptico que sirve como resumen y que se entrega a los participantes durante la explicación



Fig. 2. Anverso y reverso de las tarjetas que se utilizan durante el juego Evolutionary. A) Tarjetas de evento. B) Tarjetas de prueba individual. C) Tarjetas de pregunta (también se utilizan en la casilla de extinción). D) Tarjetas de competencia. E) Tarjetas “fosisctionary”.

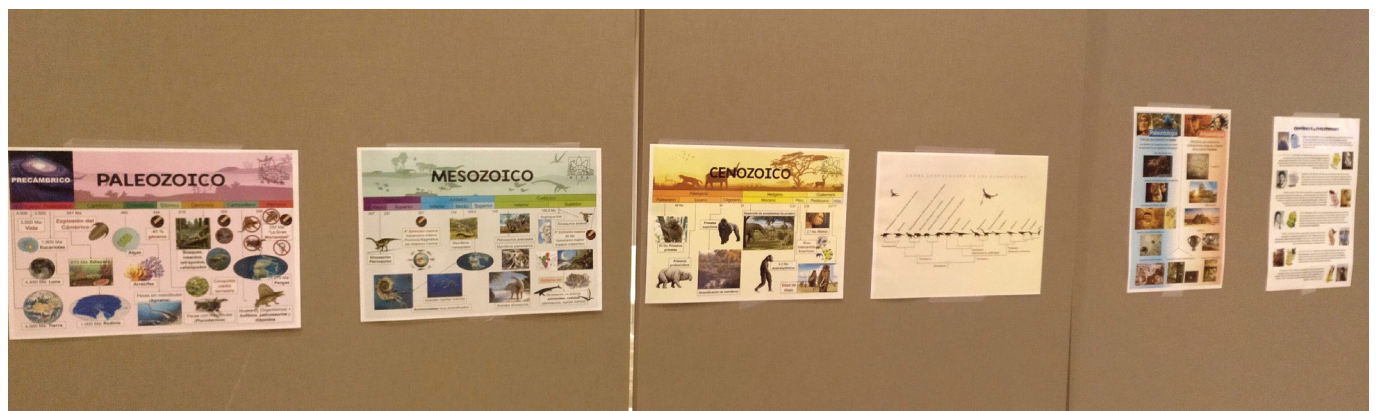


Fig. 3. Fotografía tomada durante el desarrollo de la actividad en la Feria Natura de Madrid 2019 en la que se muestran los diferentes carteles de consulta. De izquierda a derecha: las Eras (Paleozoico, Mesozoico y Cenozoico), cartel cedido por el proyecto Geodivulgar sobre la evolución de los dinosaurios para la actividad, Paleontología vs. Arqueología y Científicos y científicas.

de la actividad. En él se describen brevemente los objetivos del juego, el contenido, los componentes del tablero, diferentes materiales y las reglas del juego (Anexo 1). Está diseñado digitalmente e impreso en papel grueso en tamaño A4 e incluye todas las casillas e iconos del juego.

Material para las pruebas

Para realizar las pruebas de equipo y competición que saldrán en las tarjetas se requiere material adicional, pero éste puede adaptarse a los recursos del divulgador o docente y al espacio disponible.

El material más básico del que se tiene que disponer son hojas de papel blancas, material de escritura como lápices o bolígrafos, algo para vender los ojos y, si no se dispone de muestras de rocas y fósiles, imágenes de internet. El resto de material depende de la prueba en concreto, por lo que si no se dispone de él no afecta al juego (para más detalles ver apartado 3 - Pruebas de equipo y competición).

2. REGLAMENTO Y DESARROLLO DE LA PARTIDA

El objetivo del juego es conseguir la mayor puntuación superando preguntas, pruebas y enfrentándose a las extinciones masivas. Está diseñado para jugar desde 4 personas (dos equipos de dos personas) hasta 20-25 jugadores (en equipos de 4-5 participantes). El equipo con mayor número de puntos al finalizar la partida será el ganador. Los puntos se reparten entre los seis caracteres evolutivos seleccionados para este juego: plumas, aletas, dientes, social, escamas y pelo (Tabla II). Todos los equipos comienzan la partida con 3 puntos en cada uno de los caracteres y se van sumando o restando, conforme vayan avanzando por el tablero, al carácter o caracteres de su elección (salvo que se especifique en el juego). Cuando se consiguen al menos 10 puntos en

EVOLUTIONARY

¿Serías capaz de sobrevivir a una extinción?

OBJETIVO DEL JUEGO

El objetivo en Evolutionary es obtener puntos en diferentes caracteres evolutivos superando preguntas, pruebas y sobre todo enfrentándose a las Extinciones Masivas. El equipo con mayor número de puntos será el ganador.

CONTENIDO

Tablero
Representa un árbol filogenético compuesto por diez ramas con 23 casillas todas ellas.

80 Tarjetas
* Tarjetas de preguntas
* Tarjetas de pruebas
* Tarjetas de evento
* Tarjetas de competencia

3 Dados
* Dado de números: numerado del 1 al 4
* Dado de los caracteres
* Dado de pruebas

6 Fichas de científica/os

5 Cartas de puntos
Cada equipo tendrá una en la que irá apuntando los puntos que tiene de cada caracter.

CASILLAS

Casillas del Tablero

PREGUNTA: si se acierta la pregunta se ganan 3 puntos/ si se falla se pierde 1 punto y habrá rebote (se ganan 2 pts.).

PRUEBA: si se supera en el tiempo estipulado se ganan 3 puntos/ si no se supera se pierde 1 punto.

EXTINCIÓN: para poder seguir avanzando hay que superar una pregunta si no se podrá seguir avanzando y se perderá 1 punto. Si se ca directamente en esta casilla y se supera la pregunta se ganará un punto.

DADO: se debe tirar el dado de pruebas.

CARACTER: se tiran el dado de caracteres y el dado de números para conocer cuantos puntos se ganan en el caracter correspondiente.

REFUGIO: casilla de seguro.

GLACIACIÓN: si se cae en esta casilla se deberá de estar un turno sin jugar a no ser que se tenga 10 o más puntos en el caracter de pelo.

Casillas del Dado de pruebas

PREGUNTA
CARACTER


SIMBIOSIS: deben intercambiarse 3 puntos con otro grupo del caracter o caracteres que se quiera.

COMPETENCIA: se coge una tarjeta de competencia para conocer la prueba a la que se enfrentarán todos los grupos. El equipo ganador gana 3 puntos.


EVENTO: se coge una tarjeta de evento que afectará a todos los equipos.

TIRA OTRA VEZ


CARACTERES




Plumas




Escamas




Dientes



Pelo



Social



Aletas

REGLAS DEL JUEGO

El orden de participación se elegirá con un dado. Todos los equipos comenzarán con tres puntos en todos los caracteres.

Cuando se obtengan 10 puntos en un caracter se consigue una cualidad, lo cual implica que esos 10 puntos ya no se pueden perder. Todas las cualidades son útiles para las tarjetas de evento.

VUELO (a pesar de fallar una pregunta si otro equipo en el rebote acierta se gana 1 pt.) = 10 pts. plumas

NADAR (1 minuto para consultar los carteles de ayuda) = 10 pts. aletas

DUREZA (no se pierden puntos en los eventos) = 10 pts. escamas

TERMOREGULACIÓN (salva de la casilla de glaciación) = 10 pts. pelo

DEPREDAADOR (proporciona 15 segundos extra en todas las preguntas/pruebas) = 10 pts. dientes

MANADA (proporciona una segunda oportunidad en las preguntas en caso de fallar) = 10 pts. social

Para finalizar se debe caer en la última casilla de dado. Los equipos que caigan en esta casilla podrán seguir tirando el dado en su turno, al igual que podrán participar en las pruebas de competencia. Cuando terminen todos los equipos se realizará una prueba final en la que se repartirán 6, 5, 4, 3 y 2 puntos.

Anexo 1. Tríptico con las reglas del juego para consulta de los participantes.

cualquiera de ellos, el grupo obtiene una cualidad, lo cual implica una ventaja (Tabla IV) y la inamovilidad de esos 10 puntos, que ya no se pueden restar ni intercambiar.

El tablero está compuesto de siete tipos de casillas: pregunta, prueba, extinción, dado, refugio y glaciación (Tabla I). Y el dado de pruebas de seis: pregunta, carácter, simbiosis, competencia, evento y tira otra vez (Tabla III). Por lo tanto, en total en el juego hay once casillas diferentes. A continuación, se va explicar cada una poniendo algún ejemplo.

- **Pregunta:** cuando un equipo cae en esta casilla se hace una pregunta de opción múltiple relacionada con la Paleontología, la Geología o algún científico/a (Fig. 2-D). Si acierta gana 3 puntos y si falla pierde 1 punto. Cuando un grupo falla hay rebote, y si el siguiente equipo acierta, gana 2 puntos. Las preguntas abarcan diferentes temas y tienen diferentes niveles de dificultad. Las más sencillas están relacionadas con temas populares como los dinosaurios. Las de dificultad media incluyen preguntas relacionadas con el tiempo geológico y la aparición de los grandes grupos de fauna y flora. Las más complejas ahondan en el patrimonio geológico y paleontológico de España, las relaciones filogenéticas entre animales actuales y extintos, y grupos fósiles menos conocidos para el público general como los foraminíferos o la fauna de Ediacara. Se recomienda proyectar las preguntas y sus opciones en una presentación o similar para su mayor comprensión por parte de todos los participantes. También se sugiere limitar el tiempo (1 min) a la hora de responder las preguntas.
- **Extinción:** esta casilla aparece a la altura de las cinco extinciones masivas. Para poder seguir avanzando por el cladograma se debe superar una pregunta (las tarjetas son las mismas que en la casilla de pregunta, Fig. 2-D). Si no se acierta, el equipo pierde 1 punto y queda retenido hasta el siguiente turno donde se realiza una nueva pregunta. En caso de caer directamente en esta casilla y si se supera la pregunta, se ganan 3 puntos (como en la casilla de pregunta) y se puede continuar avanzando por el tablero.
- **Prueba:** son pruebas individuales a las que se enfrentará el equipo que caiga en esta casilla. Si se supera, gana 3 puntos, si no se pierde 1 punto (Fig. 2-B).
- **Competencia:** todos los equipos se enfrentan a una prueba (Fig. 2-C) y el primero en superarla gana 3 puntos.
- **Carácter:** se debe tirar el dado de caracteres y el de puntos para saber cuántos puntos se consiguen en el carácter que salga en el primer dado.
- **Simbiosis:** el equipo debe intercambiar consensuadamente con otro equipo 3 puntos del carácter o caracteres que quieran en un margen de tiempo de 3 minutos.
- **Glaciación:** si se cae en esta casilla se deberá estar un turno sin jugar (salvo que el equipo tenga la cualidad de termorregulación, ver tabla IV).
- **Refugio:** en el caso de que otro equipo saque evento, el equipo en esta casilla no va a verse afectado, por lo que no restará ni sumará puntos.
- **Evento:** el monitor coge una tarjeta de evento (Fig. 2-A) en la cual se detallan los puntos de carácter que se deben sumar y/o restar todos los equipos (salvo que se encuentren en la casilla de refugio o se posea la cualidad de dureza, ver tabla IV) en relación con las circunstancias alteradas por el evento al igual que ha sucedido a lo largo de la historia de la Tierra (Tabla V). Por ejemplo, en el evento "Ruptura de un supercontinente" (Fig. 2-A inferior) los equipos deben sumar 1 punto en aletas (o 3 si ya tienen más de 5 puntos en este carácter) y restar 3 puntos en social y 1 en dientes. En este caso, se suman en aletas porque las rupturas de supercontinentes han favorecido la proliferación y diversificación de los organismos acuáticos, mientras que ha separado y aislado a las poblaciones terrestres, por lo que restamos dientes y social ya que se

Carácter	Cualidad (+10 pts.)	Ventaja
Plumas	Vuelo	Aunque se falle una pregunta se obtiene 1 pto. si otro equipo la acierta en el rebote.
Aletas	Nadar	Se dispone de 1 min para consultar los carteles de ayuda.
Dientes	Depredador	Proporciona 15 s extra en las preguntas y pruebas.
Social	Manada	Se gana una segunda oportunidad en caso de fallar las preguntas.
Escamas	Dureza	No se perderán puntos en los eventos.
Pelo	Termorregulación	Salva de la casilla de glaciación.

Tabla IV. Cualidades y ventajas que se consiguen con 10 puntos de un carácter.

van a modificar los nichos ecológicos. En el evento “Época de *Greenhouse*”, se suma 1 punto en todos los caracteres porque estos periodos, donde el contraste de temperaturas es menor entre el Ecuador y los Polos, han predominado en la Tierra. Otros eventos son: “Episodio *Hothouse*”, “Época de *Icehouse*”, “*The Earth is lava*” (relacionado con las Grandes Provincias Magmáticas que se creen la causa de muchas de las extinciones masivas), “*Snowball Earth*” y “Formación de un supercontinente” (donde los puntos serían invertidos a los del evento “Ruptura de un supercontinente”). Estos ejemplos están ajustados para que todos los caracteres sufran pérdida o ganancia de puntos en alguno de los eventos, pero se pueden variar según lo que el docente o divulgador quiera mostrar, ya que no responden a hechos científicos.

- Dado: se tira el dado de pruebas.
- Tira otra vez: se tira de nuevo el dado de pruebas.

El juego finaliza cuando todos los grupos llegan a la última casilla. Hasta ese momento, los equipos que ya hayan alcanzado dicha casilla siguen jugando con el dado de pruebas en su turno. Al igual que ocurre en otros juegos de mesa, hasta que el equipo no saque la puntuación exacta que le permita entrar en la última casilla se producirá un rebote hacia atrás. Antes de contar los puntos y declarar un ganador se realiza una competición final en la cual se obtendrán puntos en orden decreciente conforme finalicen la actividad (el primero gana 6 puntos, el segundo 5, y así sucesivamente).

Como el objetivo es ganar el mayor número de puntos, la partida puede terminarse cuando el tiempo lo requiera. Se sugiere como prueba para la competición final “Adivina el fósil”, que es apta para todo tipo de público.

3. PRUEBAS DE EQUIPO Y COMPETICIÓN

A continuación, se exponen una a una las pruebas que se proponen aunque se pueden realizar otras a criterio del divulgador durante el juego (tanto al caer en la casilla de prueba como en la de competencia).

Ejemplos de pruebas sin muestras (fósiles, réplicas y rocas)

- *Adivina el fósil* (Fig. 4-A): esta prueba puede servir tanto para competición como para un sólo equipo. Un representante del equipo debe escoger dos tarjetas “*fossilictionary*” (Fig. 2-E) y dibujar los organismos extintos que se muestran con los ojos vendados. El resto de componentes del equipo debe adivinar de qué fósil se trata antes de que se termine el tiempo (1-3 minutos) o antes de que otro equipo adivine los suyos en el caso de competir.
- *Ponte en la piel de un/a paleontólogo/a (Fase 1) Excavación* (Fig.4-B): en esta prueba de competición, que pretende simular una excavación paleontológica, los equipos deben desenterrar con un pincel diez piezas que conforman un “esqueleto fósil” y que se encuentran enterradas en un cajón de arena. Esta actividad es similar a otras expuestas previamente en la literatura de divulgación científica (p. ej. Castilla *et al.*, 2006). El ganador es el equipo que antes desentierre y ponga

en la mesa todas las piezas, por lo que no hay tiempo límite. El esqueleto puede comprarse en cualquier tienda de juguetes o bazares o, si no se poseen recursos, se puede intercambiar por diez conchas u otros objetos (y en este caso se prescinde de la fase 2 - Reconstrucción anatómica).

- *Ponte en la piel de un/a paleontólogo/a (Fase 2) Reconstrucción anatómica* (Fig.4-C): los equipos deben competir entre sí para reconstruir en el menor tiempo posible las piezas desenterradas en la prueba de “Excavación”, reconstruyendo así el esqueleto completo. El equipo ganador será el que antes coloque el esqueleto montado en la mesa sin que ninguna de sus piezas esté suelta.

Evento	Puntos que se suman	Puntos que se restan
Episodio <i>Hothouse</i>	+1 Escamas +3 Escamas (con más de 5)	-3 Pelo -1 Plumas
Época de <i>Greenhouse</i>	+1 en todos los caracteres	-
Época de <i>Icehouse</i>	-	-1 en todos los caracteres
“<i>The earth is lava</i>”	+1 Plumas +3 Plumas (con más de 5)	-1 en el resto de caracteres
<i>Snowball Earth</i>	+1 Pelo +3 Pelo (con más de 5)	-3 Aletas -2 Plumas
Formación de un supercontinente	+1 Dientes y Social +3 Dientes y Social (con más de 5)	-1 en el resto de caracteres
Ruptura de un supercontinente	+1 Aletas +3 Aletas (con más de 5)	-3 Social -1 Dientes

Tabla V. Puntos que se suman o restan con cada una de las tarjetas de evento.

- *Formación del supercontinente Pangea* (Fig.4-D): en esta prueba individual el equipo debe montar a contrarreloj un puzzle de Pangea (máximo 1 min). Para realizar este puzzle se utilizó una plantilla de puzzle, comprada en una papelería, en la que se pegó el mapa de Pangea, impreso en papel de pegatina. Después con un cúter se cortaron las piezas del puzzle junto con la imagen.
- *Dino-Apocalipsis*: en esta prueba de competición los equipos tienen que derribar el mayor número de “bolos” con una pelota. Los bolos tirados representan los organismos extintos y la pelota simula un meteorito. Cada equipo tiene dos oportunidades. Los bolos pueden ser desde botellas de plástico (con un poco de agua para hacer contrapeso) hasta dispensadores PEZ. La pelota debe ser de tamaño similar a las de tenis. La distancia para lanzar se recomienda que sea mínimo 4 m, pero se puede variar según el espacio disponible. Si el espacio no es suficiente, se pueden añadir reglas o trabas para hacerlo más complicado, por ejemplo que la pelota deba botar sólo una vez antes de dar a los bolos para que la tirada sea válida.
- *El árbol más alto*: los equipos deben competir para ver cuál de ellos construye la estructura más alta (y estable) utilizando el material que se les proporcione. Pueden utilizar todo lo que tengan a su alrededor, incluido mobiliario (p. ej. pueden utilizar las mesas de la clase para pegar su estructura y hacerla más alta sin que toque el suelo). La idea es fomentar su creatividad y que piensen fuera de las normas establecidas (siempre y cuando sea seguro). Esta prueba hace referencia a la competencia en un bosque por la luz solar y es un ejemplo de rivalidad dentro de un ecosistema.
- *La carrera armamentística*: los equipos tienen que construir una rampa con los materiales que se les proporcione, en la que un coche de juguete pueda llegar lo más lejos sin impulso y sin tener un accidente. La prueba es un juego de palabras para explicar el desarrollo evolutivo del exoesqueleto de los invertebrados en el Cámbrico.

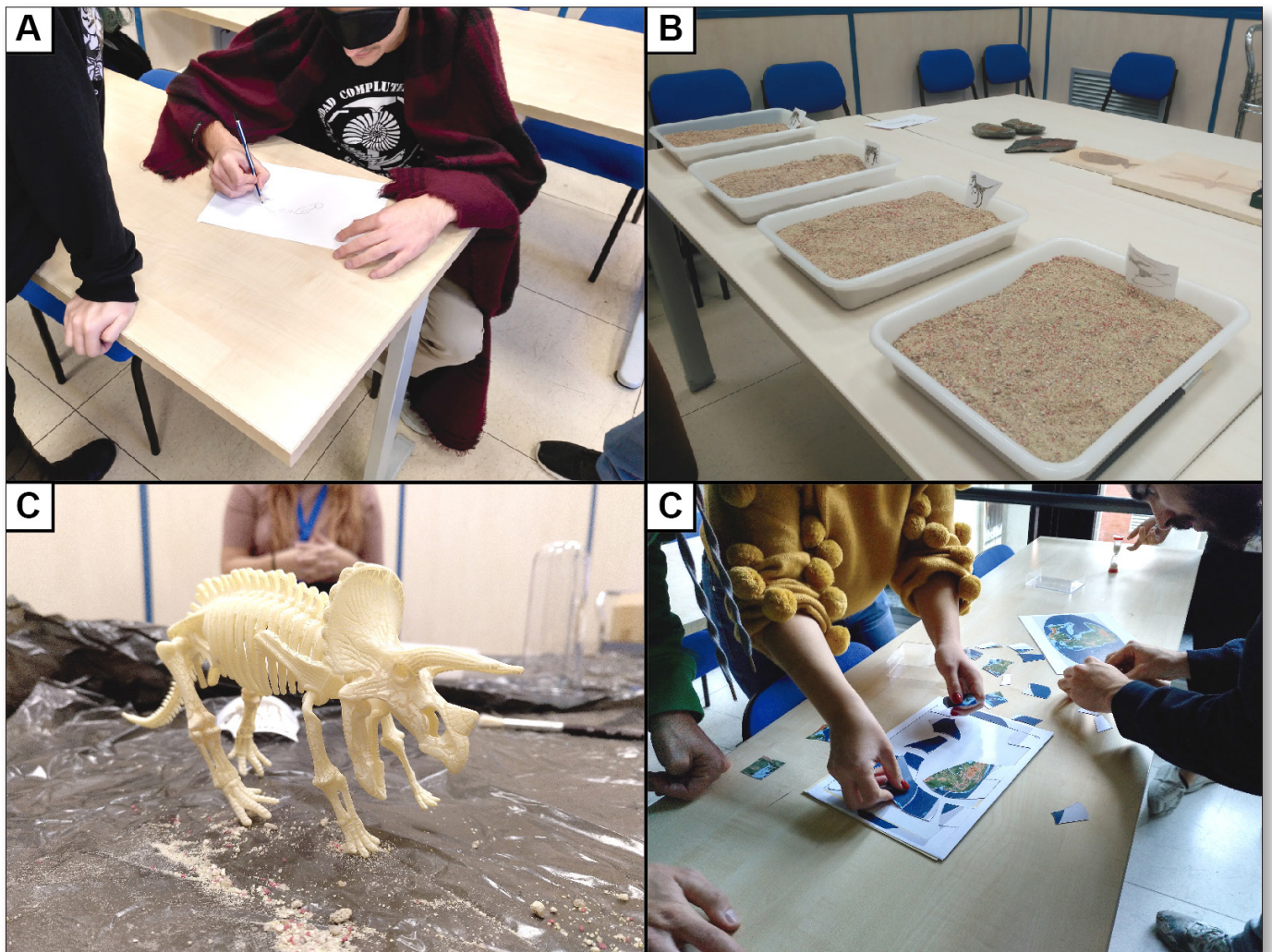


Fig. 4. Fotografías de algunas de las pruebas en las que no se utilizan muestras (fósiles, réplicas y rocas).
 A) Adivina el fósil. B) Ponte en la piel de un/a paleontólogo/a (Fase 1). C) Ponte en la piel de un/a paleontólogo/a (Fase 2).
 D) Formación del supercontinente Pangea.

- *Puentes intercontinentales*: los equipos deben construir con los materiales proporcionados un puente entre dos mesas lo suficientemente resistente para que un coche de juguete pueda atravesarlo. La prueba hace referencia a las conexiones que han surgido entre continentes a lo largo de la historia de la Tierra (p. ej. el puente de Beringia que conectaba Alaska y el extremo oriental de Siberia debido a la bajada del nivel del mar consecuencia de las glaciaciones de hace 40.000 y 25.000 años).

En estos tres últimos casos de los materiales recomendados son: cartones, cinta adhesiva, pegamento u otros similares, y material más rígido, como palos de madera. Si no se dispone de cartones, para la prueba “El árbol más alto” se puede sustituir todo el material por barajas de cartas y, utilizando el mismo criterio, construir castillos de naipes lo más altos posibles.

Para las pruebas que requieran límite de tiempo se sugieren entre 1-3 minutos como máximo, salvo en el caso de las pruebas de construcción como “El árbol más alto”, “La carrera armamentística” y “Puentes intercontinentales” que requieren más tiempo, aproximadamente 5-10 minutos.

Ejemplos de pruebas con fósiles, réplicas y/o rocas

El tiempo límite de las siguientes pruebas varía entre 1 y 3 minutos dependiendo de la edad y conocimientos básicos del público.

- *Orden y evolución*: el equipo debe clasificar diez fósiles (de toda una colección) en las tres Eras del Fanerozoico.
- *Invertebrados vs. Vertebrados*: el equipo debe escoger cinco organismos vertebrados y cinco invertebrados de la colección de fósiles.
- *Marinos vs. Terrestres*: el equipo debe escoger cinco organismos marinos y cinco terrestres de la colección de fósiles.
- *¿En qué rocas podríamos encontrar fósiles?:* en esta prueba individual deben escoger únicamente las rocas que pueden ser fosilíferas, distinguiendo entre sedimentarias, metamórficas o ígneas. Se debe tener en cuenta que se pueden hallar fósiles en rocas volcánicas y metamórficas (p. ej. cineritas, pizarras, etc.).
- *Paleontología a ciegas*: en esta prueba individual, el equipo al completo debe vendarse los ojos y tocar dos fósiles (o réplicas) para lograr identificarlos.
- *Tafonomía*: el equipo debe relacionar cinco fósiles con una imagen o muestra de mano del mineral del que se componen (p. ej. la concha de un bivalvo con calcita, la concha de un ammonites con aragonito, un fósil piritizado con pirita, etc.).

Es recomendable que entre los fósiles utilizados para las actividades se incluyan ejemplares de organismos invertebrados y vertebrados, así como marinos y terrestres, para que haya variedad. Algunos ejemplos de fósiles que se pueden utilizar son: ammonites, trilobites, plantas, insectos, crinoideos y otros equinodermos, peces, bivalvos, braquiópodos, briozoos, garras de dinosaurio, dientes de *Smilodon* y una réplica de *Archaeopteryx*. También es aconsejable el uso de muestras fósiles de diferente estado de conservación y de distintas matrices de roca para su comparación mineralógica.

Si no se dispone de estos recursos se pueden imprimir imágenes de internet, prescindiendo de la prueba “Paleontología a ciegas”. Estas imágenes también pueden servir para el juego “Adivina el fósil”.

Consideraciones finales

“Evolutionary” es un juego de divulgación científica que se centra en los aspectos más fundamentales de la Geología, la Paleontología y la Evolución. Su sistema de juego, altamente activo, propicia la participación de todos los jugadores. Además, se puede adaptar a distintas necesidades y colectivos (modificando las pruebas y las preguntas) dependiendo del rango de edad de sus participantes, el espacio disponible o el tipo de evento, conformando un recurso enriquecedor tanto en la educación formal como la no formal.

Este juego de mesa fomenta tanto el trabajo en equipo como la cooperación con otros grupos (p. ej. simbiosis). También ofrece visibilidad a estas disciplinas científicas y realza la importancia de las aportaciones más destacadas de algunos científicos y científicas relacionados con este ámbito de estudio. Reconociéndose así el valor de todos ellos sin sesgos, proporcionando a

los estudiantes referentes femeninos para fomentar la igualdad. Por ello se concluye que “Evolutionary” es un juego versátil, adaptable a distintos colectivos, así como a multitud de actividades de divulgación científica relacionadas con la Geología, la Paleontología y la Evolución. A su vez, maneja y aplica conceptos básicos de estas disciplinas, permitiendo que el juego sea un posible vehículo para la transmisión de conocimientos en enseñanza formal.

El juego se desarrolló por primera vez durante la XIX Semana de la Ciencia e Innovación de Madrid con estudiantes de 14-16 años con resultados positivos. En partidas posteriores, gracias a la retroalimentación obtenida, se mejoraron algunos aspectos de las reglas con el fin de hacerlo más dinámico. También se ha probado con público familiar durante la Feria Natura de Madrid 2019. Futuras partidas pretenden evaluar mediante cuestionarios de conocimientos previos y posteriores a la actividad su capacidad didáctica en diferentes cursos de Educación Secundaria.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por Fundación madri+d y el proyecto INNOVA-DOCENCIA nº-43 2019/20 (UCM).

Nuestros agradecimientos a los compañeros del Máster en Paleontología Avanzada (UCM) Alexandra Benites, Iyana Holguera-Ramírez, Haiqian Ma y Diego Soler por su participación en la creación y diseño de “Evolutionary”.

Actualmente el juego “Evolutionary” está siendo evaluado como patente.

Referencias bibliográficas

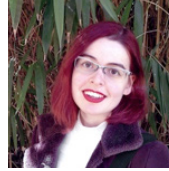
- Alcalá, L., González, A. y Luque, L. (2010). Palaeontological workshops as interactive educational resources. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 18.1, 119-124.
- Berland, M. y Lee, V.R. (2011). Collaborative strategic board games as a site for distributed computational thinking. *International Journal of Game-Based Learning*, 1.2, 65-81.
- Bonner, H., Looy, C. y Duijnste, I. (2019). Evolve or Perish. *ETE Program of the National Museum of Natural History, Smithsonian Institution*.
- Castilla, G. y de la Iglesia, A. (2008). ¿Qué saben de Paleontología los estudiantes universitarios? *Paleontológica Nova*, 8, 165-173.
- Castilla, G., Fesharaki, O., Hernández Fernández, M., Montesinos, R., Cuevas, J., 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.
- Cambronero, I., Sanz-Pérez, D., García-Cobena, J., G. Peco, V., Holguera-Ramírez, I., M. Nebreda, S., Ozkaya de Juanas, S., Fesharaki, O. y García-Frank, A. (en prensa). EVOLUTIONARY - ¿Serías capaz de sobrevivir a una extinción?: Una actividad para la divulgación y enseñanza de la Paleontología. *Ciències da Terra Procedia*.
- Cantó-Doménech, J. y de Pro-Chereguini, C. (2019). Caminando entre dinosaurios: lo que saben sobre paleontología el futuro profesorado de Educación Infantil. *Revista de Ciències de l'Educació*, 1.2, 100-108.
- FCPT-D - Fundación Conjunto Paleontológico de Teruel-Dinópolis. (2003). El apasionante mundo de la Paleontología. *Fundación Conjunto Paleontológico de Teruel-Dinópolis, Colección Fundamental nº 1*, 84 p.
- Fernández-López, S.R. (1991). Taphonomic concepts for a theoretical Biochronology. *Revista Española de Paleontología*, 6, 37-49
- Fernández-López, S.R. (1997). Fósiles de intervalos sin registro estratigráfico: una paradoja geológica. En: *Registros fósiles e historia de la Tierra: cursos de verano de El Escorial*. Editorial Complutense, Madrid, 79-105.
- García-Frank, A., Fesharaki, O. y Rodrigo, A. (2019). Innovación en la divulgación de la Geología: Propuestas inclusivas hechas por estudiantes para estudiantes. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 27.1, 116-118.
- Leith, A. P., Ratan, R. A. y Wohn, D. Y. (2016). The (De-)evolution of evolution games: a content analysis of the representation of evolution through natural selection in digital games. *Journal of Science Education and Technology* 25, 655-664.
- Montero-Herrera, B. (2017). Aplicación de juegos didácticos como metodología de enseñanza: una revisión de la Literatura. *Pensamiento Matemático*, VII-1, 75-92.
- Ozkaya de Juanas, S. y Barroso-Barcenilla, F. (2019). Paleontología y su didáctica en Primaria: diseño y aplicación de actividades basadas en yacimientos cretácicos y sus fósiles. *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural (Sección Aula)*, 6, 95-113.
- Salas-Herrera, J., Rodríguez-Castro, I., Cervilla-Muros, M.A., Vitón, I., Acedo, A., García-Frank, A. y Fesharaki, O. (2019). Aplicaciones de las escape rooms en la difusión de la Paleontología: consideraciones iniciales. *Zubia*, Volumen extraordinario 31, 139-144.
- Torcida, F. (2003). Didáctica sobre dinosaurios en museos y centros educativos: experiencias desarrolladas en España. En: *Dinosaurios y otros reptiles mesozoicos de España* (Eds.: F. Pérez-Lorente, M. M. Romero-Molina, y M. Rivas-Carrera) Universidad de la Rioja: Instituto de Estudios Riojanos, Logroño, 423-432.

Autores



Dánae Sanz-Pérez

Graduada en Geología. Máster en Paleontología Avanzada. Estudiante de doctorado en la Universidad Complutense de Madrid. dasanz01@ucm.es



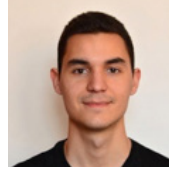
Irene Cambroner

Graduada en Geología. Máster en Paleontología Avanzada. icambron@ucm.es



Josué García-Cobeña

Graduado en Geología. Máster en Paleontología Avanzada. josueg01@ucm.es



Victor G. Peco

Graduado en Bellas Artes. Máster en Paleontología Avanzada. victor06@ucm.es



Sergio M. Nebreda

Graduado en Biología. Máster en Paleontología Avanzada. Estudiante de doctorado de la Universidad Autónoma de Madrid y miembro del equipo paleontológico de Las Hoyas. sergio.martinezn@uam.es



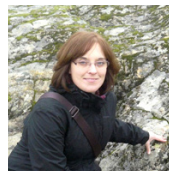
Senay Ozkaya de Juanas

Graduada en Magisterio de Educación Primaria. Máster en Paleontología Avanzada. Grupo de investigación Paleolbérica (Universidad de Alcalá). senay.ozkaya@edu.uah.es



Omid Fesharaki

Doctor en Geología. Investigador y Colaborador Honorífico del Dpto. de Geodinámica, Estratigrafía y Paleontología (Universidad Complutense de Madrid). omidfesh@ucm.es



Alejandra García-Frank

Doctora en Geología. Profesora Contratada Doctora en el Departamento de Geodinámica, Estratigrafía y Paleontología de la Facultad de Ciencias Geológicas (UCM). Responsable del proyecto UCM Innova Docencia "Geodivulgar: Geología y Sociedad" y Vicepresidenta de la Asociación "Ciencia sin Barreras". agfrank@ucm.es