



Expolio en el museo De Rerum Natura: propuesta de Ciencias naturales para Educación Primaria basada en el juego

Sara Izárbez Verdugo¹, Guiomar Calvo Sevillano²

¹Graduada en Magisterio en Educación Primaria, ²Departamento de Didácticas Específicas, Universidad de Zaragoza (España)

[Recibido el 10 de agosto de 2022, aceptado el 22 de noviembre de 2022]

Los museos de ciencias naturales pueden ser empleados como recurso en los diferentes niveles educativos para fomentar el interés por las ciencias. Sin embargo, no siempre sus contenidos o actividades, cuando estos existen, están adaptados o ni son motivadores para el alumnado. En este trabajo se presenta una propuesta, basada en el juego, que se desarrolla en el museo “De Rerum Natura” del Instituto de Enseñanza Secundaria Ramón y Cajal (Huesca). En ella se trabajan, de forma transversal, distintos contenidos de la asignatura de Ciencias de la naturaleza para el nivel de 6º de Educación Primaria. Siguiendo una metodología activa, los estudiantes deben resolver una serie de retos. Esta propuesta, diseñada específicamente para los ejemplares y recursos que contiene el museo, podría adaptarse a otros museos o recursos presentes en centros escolares.

Palabras clave: aprendizaje basado en el juego; gamificación; educación primaria; propuesta educativa; ciencias naturales.

Pillaging at De Rerum Natura Museum: a game-based learning experience in Natural sciences in Primary Education

Natural science museums can be used as a resource at different educational levels to promote interest in science. However, their contents or activities, when they exist, are not always adapted or motivating for students. In this paper we present a game-based learning experience which is developed in the museum “De Rerum Natura” of the Ramón y Cajal Secondary School (Huesca). In it, different contents of Natural Sciences for the 6th grade of Primary Education are included. Through an active methodology, the students must solve a series of challenges. This proposal, designed specifically for the specimens and resources contained in the museum, could be adapted to other museums or resources present in schools.

Keywords: game-based learning; gamification; primary education; educational proposal; natural sciences.

El valor de los museos de ciencias en la educación formal

Las salidas escolares constituyen una de las actividades más importantes que se pueden realizar ya que ponen al alumnado en contacto directo con su entorno (González, 2003). Además, favorecen el cambio de roles habituales en el aula a la par que fomentan la espontaneidad y curiosidad (Delgado y Alario, 1994).

Los museos de ciencias naturales resultan un medio inmejorable para el desarrollo de estas salidas. Son una fuente inagotable de recursos, pues en ellos el alumnado va a encontrarse con experiencias que no solo den respuesta a sus preguntas, sino que les ayude a formularse nuevas hipótesis que generen nuevos campos de investigación (Ramey-Gassert et al., 1994; Filippopoliti y Koliopoulos, 2014). Son espacios que pueden ayudar a promover el interés y el conocimiento por la ciencia, en los que se pueden llevar a cabo procesos de comprobación y experimentación (Griffin, 1998; Wagensberg, 2005).

Para que resulten útiles, deben contar con materiales que permitan entender los principales principios de la ciencia y su importancia dentro de la sociedad actual (Hoyos, 2001; Padilla, 2006). Los museos tradicionales están dando paso a un nuevo modelo de museo, dejando de ser un espacio físico lleno de objetos a poder ser empleado de manera complementaria a la formación (Valtierra, 2016). De tal modo, interactuar con los recursos que contienen puede proporcionar un aprendizaje significativo al convertirse en un espacio de experimentación, divulgación, discusión y debate (Sabbatini, 2004).

El aprendizaje basado en el juego

La educación está cambiando hacia un modelo donde el papel del docente se acerca más al de un facilitador, que crea un clima en el aula motivador, guiando al alumnado en la búsqueda de la información. Este enfoque se puede ver complementado con el uso de distintas estrategias, siendo cada vez más frecuente encontrarse en contextos no lúdicos la gamificación y el aprendizaje basado en juegos (Cornellà et al., 2020; Kalogiannakis et al., 2021).

Por un lado, la gamificación educativa consiste en crear experiencias que puedan ser vividas como si fuesen un juego, buscando generar motivación, cohesión, integración y creatividad en el alumnado, aspectos que favorecen a la autonomía individual y grupal (Cornellà et al., 2020). Por otro, en el aprendizaje basado en juegos (ABJ) se emplean los juegos para aprender a través de ellos, pudiéndose usar juegos ya existentes o adaptarlos y crearlos en dinámicas y normas similares, alcanzando un equilibrio entre lo que supone el juego en sí mismo y los contenidos que se quieren tratar (Plass et al., 2018).

Una de las principales claves de éxito de estas propuestas es la alta motivación, tanto intrínseca como extrínseca, ambas fundamentales para el adecuado desempeño de cualquier actividad (Ryan y Deci, 2000). Así, al estar motivados, es más probable que los estudiantes estén predispuestos a participar en la actividad y se esfuercen más para llevarla a cabo (Plass et al., 2018). Proporcionan la oportunidad de que se lleve a cabo un aprendizaje autorregulado y permiten tener en cuenta aspectos cognitivos del aprendizaje (Plass et al., 2018). Según Navarro et al. (2021), también tiene lugar un acercamiento entre los docentes y el alumnado. Esto favorece nuevas dinámicas de grupo en las que el alumnado tiene un papel más activo, lo que genera que se impliquen más en su propio proceso de aprendizaje. Además, la autonomía generada con la toma de decisiones durante el juego, la capacidad creativa para resolver problemas, la estimulación de la memoria, la colaboración y la comunicación también se ven desarrolladas. Por ello, ha demostrado ser una herramienta de enseñanza útil y eficaz en diversas situaciones (Carrillo-Ojeda et al., 2020; Martínez-Carmona et al., 2022; Prieto, 2022).

En este contexto, se puede partir del ABJ para crear experiencias en museos de ciencias que resulten interactivas, atractivas e instructivas (Nicholson, 2012). Esto es algo que cada vez está más presente en distintos tipos de museos, aunque falta cuantificar los efectos que esto tiene en el aprendizaje a medio y largo plazo en comparación con otros métodos tradicionales (Martens y Müller, 2017; Madsen, 2020). Otro aspecto interesante que se puede evaluar es la propia experiencia de los participantes, teniendo en cuenta dimensiones como la diversión (el grado de disfrute), la creatividad desarrollada o la confianza, entre otras, mediante cuestionarios (Eppmann et al., 2018). Aun así, se trata de un tema complejo, ya que entran en juego diversos factores y no siempre es posible conocer el impacto de la actividad (Parra-González y Segura-Robles, 2019).

En cualquier caso, no hay que olvidar cuál es el objetivo principal de un museo de ciencias, por lo que las actividades de ABJ que se quieran llevar a cabo deben de estar necesariamente vinculadas con sus contenidos y estar adaptadas a sus visitantes para poder sacarles el máximo provecho (Cetin y Erbay, 2021).

Contextualización y objetivos

La propuesta que se presenta, *Expolio en el museo De Rerum Natura*, surge a raíz de una colaboración entre la Universidad de Zaragoza y el I.E.S. Ramón y Cajal llevada a cabo a lo largo del curso 2021/2022. Está diseñada para implementarla en el museo de ciencias naturales “De Rerum Natura”, ubicado dentro del IES Ramón y Cajal (Huesca). Este museo cuenta con una colección de más de 300 fósiles, minerales y ejemplares biológicos que proceden de antiguas colecciones y que, en algunos casos, tienen importancia histórica documentada (Izárbez, 2022). Toda la colección está en una única sala con zonas claramente diferenciadas en las que se encuentran los distintos elementos.

Al estar situado en un centro educativo, tiene un gran potencial para poder llevarse a cabo en él actividades que pongan en valor su contenido y que fomenten su uso entre los docentes del propio centro para trabajar contenidos del currículo. Así, permite llevar la enseñanza formal a un museo, que tradicionalmente se vincula con la enseñanza informal. Al ser el único museo de ciencias de Huesca, y al estar adscritos distintos centros de Educación Primaria a él, puede llegar a un gran número de estudiantes. También pueden realizarse visitas con cita previa.

El objetivo principal es diseñar una intervención didáctica, basada en el juego, para repasar los contenidos de la asignatura de Ciencias de la naturaleza para el nivel de 6º de Educación Primaria en el museo “De Rerum Natura”.

Aspectos formales de la propuesta *Expolio en el museo “De Rerum Natura”*

La propuesta de innovación (Anexos I y II) es un juego, en el cual los asistentes al museo, divididos en cinco grupos, deberán resolver siete retos agrupados en dos bloques. El primer bloque (retos 1, 2, 3 y 4) está diseñado para identificar a un ladrón y el segundo bloque (retos 5, 6 y 7) para localizar los objetos robados. Dentro de cada bloque los retos se pueden realizar de forma desordenada, evitando así que ningún grupo tenga que esperar. La actividad tiene una duración de 120 minutos, incluyendo la resolución de los retos y una visita guiada al museo.

La resolución de los retos requiere que el alumnado tenga una serie de conocimientos mínimos relativos a distintos aspectos de las ciencias naturales que se incluyen en el currículo. Por este motivo, la propuesta está diseñada como una actividad de repaso general de todo lo trabajado en el aula y no como actividad de aprendizaje inicial, siendo mejor

realizarla en los últimos meses de curso. No obstante, en cada reto se incluyen una serie de pistas con información adicional que permite que los alumnos repasen los contenidos o profundicen en determinados aspectos.

Para cada uno de los retos se han establecido unos objetivos en función de los contenidos de la asignatura (Tabla 1). Estos retos se pueden vincular además a los bloques y estándares de aprendizaje evaluables (Tabla 2) según la Orden ECD/850/2016 que establece el currículo de Educación Primaria para la Comunidad de Aragón para el curso 2021-22 y que se mantiene en vigor durante el curso 2022-23 para 6º de Educación Primaria.

Los retos requieren no solo de conocimientos sobre determinados contenidos, sino que también implican procesos más complejos de reflexión y empleo de habilidades que deben ser desarrolladas en estas etapas. Además, permiten trabajar competencias clave, como la competencia digital, al tener que hacer uso de una serie de herramientas TIC, la competencia matemática y competencias en ciencia y tecnología al tener que recurrir a sus conocimientos y poner en práctica habilidades de investigación y observación, y la competencia social y cívica, al tener que colaborar y comunicarse con los demás miembros del grupo y entre los propios grupos. A mayores, su contextualización con situaciones reales es un elemento que favorece la motivación del alumnado. Por ejemplo, en los retos 1, 2 y 4 se proponen situaciones que pueden resultar cercanas al alumnado, por haberlas visto en series de televisión o incluso en las noticias: identificar a una persona a través de cabellos, huellas dactilares o de calzado.

Al tratarse de una actividad que se lleva a cabo fuera del aula, en un museo, la evaluación se realiza mediante rúbricas (Anexo III) basadas en la observación directa de alumnado, las cuales permiten valorar una serie de indicadores de logro en función de los objetivos establecidos. Además, los estudiantes rellenan un breve cuestionario que permite conocer cómo ha sido su experiencia en el juego didáctico, adaptado de Parra-González y Segura-Robles (2019), y otro, con preguntas cortas, para informar si han tenido dificultades o si realizarían algún cambio en el juego. La totalidad de la actividad puede ser adaptada fácilmente a otros niveles modificando la dificultad de los retos y también ser trasladada a otros centros educativos que dispusieran de colecciones similares llevando a cabo ligeras adaptaciones.

Limitaciones y conclusiones

La propuesta presentada en este trabajo ha sido elaborada en coordinación con el profesorado responsable del museo “De Rerum Natura” del IES Ramón y Cajal de Huesca. Dadas las características del curso escolar 2021-22 en lo referente a las actividades y temporalización de la propuesta, y a que el museo fue inaugurado a finales de mayo de 2022, aún no se ha implementado.

Se pretende llevarla a cabo durante el curso 2022-23 y ampliar esta actividad a otros niveles educativos, principalmente alumnado de Educación Secundaria Obligatoria del propio centro, modificando la dificultad de las pruebas. De usarse en cursos posteriores, debería adaptarse a la nueva ley educativa, en la que se tratan los contenidos relacionados con los seres vivos en el segundo ciclo en lugar de en el tercer ciclo.

Tal y como se ha comentado, a través de distintos estudios ha quedado verificado que las actividades de aprendizaje basado en juegos tanto en las aulas como fuera de ellas hacen que la motivación del alumnado participante aumente. En este caso, todos los retos presentan algún tipo de desafío y para poder resolverlos de forma correcta se deben recurrir a diferentes estrategias y a la colaboración entre grupos. La actividad está planteada además a modo de repaso general de los contenidos, una vez estos se han tratado en el aula,

Tabla 1. Descripción y objetivos de cada reto de la propuesta Expolio en el museo “De Rerum Natura”.

Reto: Descripción del reto	Objetivos
<p>1. Deshaz el rizo: Observación de varios cabellos al microscopio.</p>	<p>Reunir, catalogar y tomar notas sobre los elementos observados con espíritu crítico.</p>
<p>2. ¡Mira dónde pisas!: Observación de huellas de calzado (profundidad, forma, desgaste...) con la ayuda de una lupa.</p>	<p>Usar correctamente instrumentos de laboratorio. Realizar deducciones a partir de observaciones de forma individual y en grupo, llegar a acuerdos comunes.</p>
<p>3. <i>Body Questions</i>: Responder un cuestionario a través de la herramienta Kahoot, sobre los aparatos circulatorio, respiratorio, excretor y digestivo.</p>	<p>Reconocer e identificar los aparatos circulatorio, respiratorio, excretor y digestivo, y los órganos implicados en las funciones vitales. Usar TIC y herramientas de búsqueda de información adecuadamente.</p>
<p>4. Cuidado con los dedazos: Fabricación y uso de polvo para detectar huellas, análisis y cotejo de huellas dactilares.</p>	<p>Realizar experiencias sencillas con elementos de la vida cotidiana. Observar y extraer conclusiones coherentes a partir del análisis y cotejo de información.</p>
<p>5. Los huesos: Recuperación de fragmentos de huesos mediante un tamiz e identificación de especie a la que pertenece.</p>	<p>Identificar las características principales de los animales vertebrados. Usar correctamente instrumentos de laboratorio. Reunir, catalogar y tomar notas sobre los elementos observados.</p>
<p>6. ¿Quién soy?: Lectura de una adivinanza sobre un animal.</p>	<p>Identificar las características principales de los animales. Conocer la clasificación de los animales, sus hábitos alimenticios y su forma de reproducirse.</p>
<p>7. <i>Mystery animal</i>: Responder preguntas, en un trivial, sobre distintos animales presentes en el museo.</p>	<p>Reconocer algunos animales por sus características principales. Resolver problemas y enigmas en grupo de forma colaborativa.</p>
<p>Unir fragmentos del mapa.</p>	<p>Trabajar de forma cooperativa entre los distintos grupos.</p>

Tabla 2. Relación entre los retos, bloques de contenidos y estándares de aprendizaje evaluables del currículo de 6º curso de Educación Primaria (Orden ECD/850/2016).

Reto	Bloque	Estándares de aprendizaje evaluables
1. Deshaz el rizo. 2. ¡Mira dónde pisas!	1	Utiliza medios propios de la observación. Manifiesta autonomía en la planificación y ejecución de acciones y tareas y tiene iniciativa en la toma de decisiones. Utiliza estrategias para realizar trabajos de forma individual y en equipo, mostrando habilidades para la resolución pacífica de conflictos.
	3	Conoce, comprende y respeta las normas de uso y de seguridad de los instrumentos y de los materiales de trabajo Usa la lupa y otros medios tecnológicos en los diferentes trabajos que realiza.
3. <i>Body Questions.</i>	2	Identifica y localiza los principales órganos implicados en la realización de las funciones vitales del cuerpo humano: relación (órganos de los sentidos, sistema nervioso y aparato locomotor), nutrición (aparatos respiratorio, digestivo, circulatorio y excretor) y reproducción (aparato reproductor). Identifica las principales características de los aparatos respiratorio, digestivo, locomotor, circulatorio y excretor, y explica las principales funciones.
4. Cuidado con los dedazos.	1	Realiza experiencias sencillas y pequeñas investigaciones: planteando problemas, enunciando hipótesis, seleccionando el material necesario, realizando, extrayendo conclusiones y comunicando los resultados.
5. Los huesos.	3	Identifica, describe y relaciona la estructura de los seres vivos: células, tejidos, órganos, aparatos y sistemas, identificando las principales características y funciones de cada uno de ellos. Observa directa e indirectamente, identifica características, reconoce y clasifica, los animales vertebrados.
5. Los huesos.	4	Identifica y expone las principales características de las reacciones químicas; combustión, oxidación y fermentación. Realiza experiencias sencillas para separar los componentes de una mezcla mediante: destilación, filtración, evaporación o disolución, comunicando de forma oral y escrita el proceso seguido y el resultado obtenido.
6. ¿Quién soy?	3	Identifica, explica y clasifica las diferencias entre seres vivos y entes inertes. Observa directa e indirectamente, identifica características, reconoce y clasifica animales invertebrados. Observa directa e indirectamente, identifica características, reconoce y clasifica los animales vertebrados.
7. <i>Mystery animal.</i>	1	Utiliza estrategias para realizar trabajos de forma individual y en equipo, mostrando habilidades para la resolución pacífica de conflictos.
	3	Identifica, explica y clasifica las diferencias entre seres vivos y entes inertes.

así que les permite poder afianzar lo visto en clase y poder, en algunos casos, ampliar sus conocimientos. Con el sistema de evaluación de la actividad propuesta, se podrá analizar el impacto de la actividad en la diversión, la creatividad desarrollada o la confianza e incorporar posibles mejoras.

Dada la existencia de los museos de ciencias naturales en muchas ciudades y centros educativos, este tipo de propuestas son de gran relevancia para poner en valor sus contenidos, que en demasiadas ocasiones quedan relegados a almacenes, y el papel que pueden tener este tipo de recursos en la enseñanza formal. Poder disponer de estas colecciones, que el alumnado comprenda su valor, tanto histórico como científico, puede servir de punto de partida para favorecer una mayor comprensión de los contenidos, trabajar en equipo y disfrutar al mismo tiempo, ayudando además a mejorar la imagen general de la ciencia o de la investigación científica que puede tener el alumnado.

Agradecimientos

Gracias al personal del IES Ramón y Cajal de Huesca y en especial a Teresa Tiñena, del Departamento de Biología y Geología.

Referencias bibliográficas

- Bell, R., Abd-El-Khalick, F., Lederman, N.G., McComas, W.F. y Matthews, M.R. (2001). The Nature of Science and Science Education: A Bibliography. *Science & Education*, 10, 187–204. DOI: <https://doi.org/10.1023/A:1008712616090>
- Carrillo-Ojeda, M.J., García-Herrera, D.G., Ávila-Mediavilla, C.M. y Erazo-Álvarez, J.C. (2020). El juego como motivación en el proceso de enseñanza aprendizaje del niño. *Revista Arbitrada Interdisciplinaria Koinonía*, 5(1), 430 - 448.
- Cetin, O. y Erbay, F. (2021). Gamification Practices in Museums. *Journal of Tourismology*, 7(2), 265-276. DOI: <https://doi.org/10.26650/jot.2021.7.2.1017009>
- Cornellà, P., Estebanell, M. y Brusi, D. (2020). Gamificación y aprendizaje basado en juegos. Consideraciones generales y algunos ejemplos para la Enseñanza de la Geología. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 28(1), 5-19.
- Delgado, E. y Alario, M.ª T. (1994). La interacción fuera del aula: itinerarios, salidas y paseos. *Tabanque: Revista pedagógica*, 9, 155-178.
- Eppmann, R., Bekk, M. y Klein, K. (2018). Gameful Experience in Gamification: Construction and Validation of a Gameful Experience Scale [GAMEX]. *Journal of Interactive Marketing*, 43, 98-115. DOI: <https://dx.doi.org/10.1016/j.intmar.2018.03.002>
- Filippoupoliti, A. y Koliopoulos, D. (2014). Informal and Non-formal Education: History of Science in Museums. En: Matthews, M. (Ed.) *International Handbook of Research in History, Philosophy and Science Teaching* (pp.1565-1582). Springer.
- Griffin, J. (1998). Learning science through practical experiences in museums. *International Journal of Science Education*, 20(6), 655-663. DOI: <https://doi.org/10.1080/0950069980200604>
- González, G.T. (2003). Más allá de las paredes del aula: salidas de investigación escolar. *Kikiriki. Cooperación educativa*, 71-72, 43-46.
- Hoyos, N. E. (2001). Nuevo centro de ciencia en Colombia. En: Crestana, S., Hamburger, E.W., Silva D. M. y Mascarenhas S. (coords.). *Educação para a ciência. Curso para treinamento em centros e museus de ciencia* (pp.59-70). Editora Livraria da Física.

- Izárbez, S. (2022). *Divulgación de museos de ciencias naturales en Educación Primaria*. Trabajo Fin de Grado. Universidad de Zaragoza.
- Kalogiannakis, M., Papadakis, S. y Zourmpakis, A.I. (2021). Gamification in Science Education. A Systematic Review of the Literature. *Education Sciences*, 11(1), 22. DOI: <https://doi.org/10.3390/educsci11010022>
- López-Martínez, A., Carrera, A. y Iglesias, C.A. (2020). Empowering Museum Experiences Applying Gamification Techniques Based on Linked Data and Smart Objects. *Applied Sciences*, 10(16), 5419.
- Madsen, K. M. (en prensa). The Gamified Museum: A critical literature review and discussion of gamification in museums. En: T. Jensen, O. Ertløv Hansen, y C. A. Foss Rosenstand (Eds.). *Gamescope: The potential for gamification in digital and analogue places*. Aalborg Universitetsforlag.
- Martens, A. y Müller, W. (2017). *Gamification. Handbook of Digital Games and Entertainment Technologies*. Springer.
- Martínez-Carmona, M., Serrano, F. y Ayuso Fernández, G.E. (2022). Propuesta de un Breakoutedu de cinemática para el alumnado de primero de bachillerato. *Ápice. Revista de Educación Científica*, 6(1). DOI: <https://doi.org/10.17979/arec.2022.6.1.8446>
- Navarro Mateos, C., Pérez López, I. y Marzo, P. (2021). La gamificación en el ámbito educativo español: revisión sistemática. *Retos*, 42, 507-516.
- Nicholson, S. (2012). Strategies for meaningful gamification: Concepts behind transformative play and participatory museums. Presentado en Meaningful Play 2012. Lansing, Michigan. Recuperado de: <http://scottnicholson.com/pubs/meaningfulstrategies.pdf>
- Orden ECD/850/2016, de 29 de julio, por la que se modifica la Orden de 16 de junio de 2014, de la consejera de Educación, Universidad, Cultura y Deporte, por la que se aprueba el currículo de la Educación Primaria y se autoriza su aplicación en los centros docentes de la Comunidad Autónoma de Aragón (BOA de 12 de agosto).
- Padilla González Del Castillo, J. (2006). Museos y centros de ciencias, impulsores de la cultura científica. *Revista Ciencia y Desarrollo*, 32(201), 60-65.
- Parra-González, M. E. y Segura-Robles, A. (2019). Traducción y validación de la escala de evaluación de experiencias gamificadas (GAMEX). Bordón. *Revista De Pedagogía*, 71(4), 87–99. DOI: <https://doi.org/10.13042/Bordon.2019.70783>
- Plass, J.L., Homer, B. D. y Kinzer, C.K. (2018). Foundations of game-based learning. *Educational Psychologist*, 50(4), 258-283. DOI: <https://doi.org/10.1080/00461520.2015.1122533>
- Prieto Andreu, J. M. (2022). Revisión sistemática sobre la evaluación de propuestas de gamificación en siete disciplinas educativas. *Teoría de la Educación. Revista Interuniversitaria*, 34(1), 189-214. DOI: <https://doi.org/10.14201/teri.27153>
- Ramey-Gassert, L., Walberg III, H.J. y Walberg, H.J. (1994). Reexamining connections: Museums as science learning environments. *Science Education*, 78, 345-363. DOI: <https://doi.org/10.1002/sce.3730780403>
- Ryan, R. y Deci, E.L. (2000). Intrinsic and Extrinsic Motivations: Classic Definitions and New Directions. *Contemporary Educational Psychology*, 25(1), 54-67.

- Sabbatini, M. (2004). *Museos y centros de ciencia virtuales. Complementación y potenciación del aprendizaje de ciencias a través de experimentos virtuales*. Tesis Doctoral. Universidad de Salamanca.
- Valtierra, A. (2018). Educación para el aula en las salas de Grecia del Museo Arqueológico Nacional. En: Arias, L. y Verdú, D. (Coords.). *Estrategias y recursos para la integración del patrimonio y los museos en la educación formal (95-108)*. Editum. Ediciones de la Universidad de Murcia.
- Wagensberg, J. (2005). Los museos de la ciencia: espacios para la creación de opinión pública. En: Rubia, F. J. y Fuentes, I. (Coords.). *Percepción social de la Ciencia* pp. (251-262). Academia Europea de Ciencia y Artes.

Anexo 1: Dinámica de la propuesta de innovación Expolio en el museo “De Rerum Natura”

La dinámica comienza con la lectura del texto (Figura 1). Esta lectura se realiza en el aula, antes de acudir al museo, para contextualizar el juego y plantear los objetivos.

Buenos días, estimados visitantes del museo:

Mi nombre es Teresa y soy la responsable del museo “De Rerum Natura” del Instituto Ramón y Cajal. Se trata de un museo de ciencias naturales ubicado dentro del instituto y que acoge diferentes colecciones de peces, aves, mamíferos, reptiles y una importante colección de minerales.

Hace unas semanas sufrimos un incendio en los despachos del departamento de ciencias, quemándose por completo los archivos del museo, donde se recogía, entre otra documentación, el inventario actual de las diferentes colecciones.

Al realizar un nuevo inventario, hemos detectado que las colecciones están incompletas, faltando algunos minerales de gran valor.

Como medida cautelar, la inspectora de policía, Dña. Isabel Tejedó, ha ordenado que nadie acceda al museo para evitar nuevos robos.

Gracias a un soplo que ha recibido la policía, sabemos que los minerales no han salido del museo y que el ladrón ha escondido un mapa indicando a sus cómplices donde están, por lo que necesitamos ayuda urgente.

Necesitamos a jóvenes como vosotros, que nos ayuden a encontrar los ejemplares sustraídos y localizar a los culpables antes de que vendan los objetos en el mercado negro.

Figura 1: Texto de presentación de la actividad.

A continuación, y previamente a la entrada en el museo, los visitantes se organizan en 5 grupos de trabajo (cada grupo se nombra con un número del 1 al 5). El número de alumnos que compone cada grupo puede variar en función de la ratio de la clase. En este momento también se les dan las instrucciones y el material necesario para que puedan desarrollar los retos.

Instrucciones que reciben todos los grupos a la vez:

- Cada grupo debe resolver 7 retos. Se pueden resolver de forma desordenada.
- Los retos están colocados en diferentes lugares del museo.
- En cada reto hay colocados 6 sobres en una cartulina azul. Hay un sobre para cada grupo (numerados del 1 al 5) y solamente podéis abrir el sobre cuyo número coincida con el de vuestro grupo. Hay, además, un sobre común con información teórica adicional, que podéis consultar y volver a dejar en su sitio para que lo utilicen otros grupos (Figura 2).

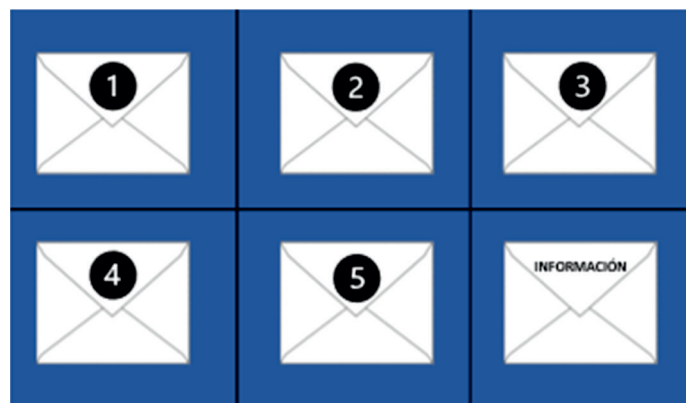


Figura 2: Disposición de los sobres para cada una de las pruebas.

Material que recibe cada uno de los grupos:

- Lista de sospechosos (Figura 3). En esta lista están los 6 sospechosos. En cuatro de las pruebas irán añadiendo cruces en las columnas correspondientes. El ladrón o ladrona será aquella persona que tenga una cruz en todas las casillas de una misma fila (Figura 4).
- Cuaderno para poder tomar notas durante las pruebas, anotar las respuestas a los cuestionarios, etc.
- Descripción de los sospechosos (Figura 5). Les permite conocer qué trabajo desempeña cada persona y les ayuda a poder relacionar su aspecto físico, huella dactilar y tipo de calzado con la información que obtienen en cada prueba.
- Celofán para poder unir los fragmentos del mapa.

Sospechosos	Tricología	Cuerpo humano	Huellas de calzado	Huellas dactilares
Señor de la limpieza				
Orientadora				
Directora				
Conserje				
Profesor de Física y Química				
Profesor de Historia				

Figura 3: Ficha de sospechosos en la que los estudiantes deberán ir poniendo las cruces al resolver cada prueba.

Sospechosos	Tricología	Cuerpo humano	Huellas de calzado	Huellas dactilares
Señor de la limpieza	X		X	X
Orientadora	X	X	X	X
Directora	X	X	X	
Conserje		X		X
Profesor de Física y Química	X	X		X
Profesor de Historia		X	X	X

Figura 4: Solución a los cuatro primeros retos.


<h2>MATEO</h2>	Señor de la limpieza
 <p>HUELLA DIGITAL</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Amable y risueño, siempre dispuesto a ayudar aunque algo maniático con la limpieza • El museo supone un extra de trabajo, siempre bromea con el polvo que cogen los animales disecados • De estatura media, pelo corto de color castaño claro • Suele trabajar con botas de agua con suela lisa
<h2>DIANA</h2>	Directora del instituto
 <p>HUELLA DIGITAL</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Profesora de lenguaje, observadora y con bastante carácter. • El museo no es una de sus prioridades, en su lugar preferiría que el instituto contara con una pequeña imprenta para poder publicar un periódico con el alumnado. • Alta, esbelta y con una melena rizada de color negro. • Acostumbra a llevar zapatos de tacón.
<h2>CORAL</h2>	Orientadora
 <p>HUELLA DIGITAL</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Amable y protectora, los estudiantes confían mucho en ella. Le apasionan los libros, conversar y los helados de chocolate. • No muestra interés por el museo, aunque siempre lleva collares hechos con piedras preciosas y amuletos de minerales. • Es bajita, con el pelo largo y morena. • Suele llevar zapatos cómodos con un pequeño tacón.
<h2>ÚRSULA</h2>	Conserje
 <p>HUELLA DIGITAL</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Trabajadora y resolutiva, siempre está en todas partes, tiene llaves de todas las aulas y despachos, conoce el centro como nadie. • De estatura media, delgada y con una larga melena pelirroja. • Siempre lleva calzado plano y cómodo ya que no para de andar por los pasillos haciendo recados.
<h2>CECILIO</h2>	Profesor de Física y Química
 <p>HUELLA DIGITAL</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Siempre anda entre probetas en el laboratorio. Es algo despistado y disperso. • Bajito, con gafas, un poco calvo, de pelo corto y de color blanco. • Nunca entra en el laboratorio sin sus botas de seguridad, planas y con grandes tacos para no resbalarse en el laboratorio.
<h2>QUIQUE</h2>	Profesor de Historia
 <p>HUELLA DIGITAL</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Es bastante reservado, aunque atento y amable con los alumnos. • Siempre ha creído que el museo debería ampliarse con elementos relacionados con el arte: ¿Por qué solo de ciencias naturales? • De estatura media, cara redonda, ojos grandes y calvo. • Siempre lleva zapatillas deportivas.

Figura 5: Fichas con los datos básicos de los sospechosos del robo en el museo.

La resolución de los retos 4 primeros retos, les permite a los alumnos, saber que el ladrón es Coral, la orientadora del centro (Figura 4).

La resolución de los retos 5, 6 y 7 permite a los estudiantes completar el mapa (Figura 6). El mapa está dividido en quince fragmentos. En cada lugar señalado por las pistas hay cinco sobres numerados del 1 al 5 con un fragmento de mapa en su interior. Cada grupo obtiene tres trozos del mapa diferentes que, unidos a los fragmentos del resto de grupos, les indica dónde están escondidos los minerales. No se deberá informar a los grupos que cada uno recibirá fragmentos diferentes, son ellos los que tienen que darse cuenta de que deben colaborar para recuperar los objetos robados.

A la hora de introducir los fragmentos del mapa en los sobres de las recompensas de las pruebas 5, 6 y 7, hay que procurar que el reparto sea aleatorio. Además, el grupo que obtenga el fragmento donde está la cruz que marca la ubicación de los objetos robados no deberá conseguir ningún trozo colindante del mapa para que no puedan encontrar la solución de forma independiente al resto de grupos.

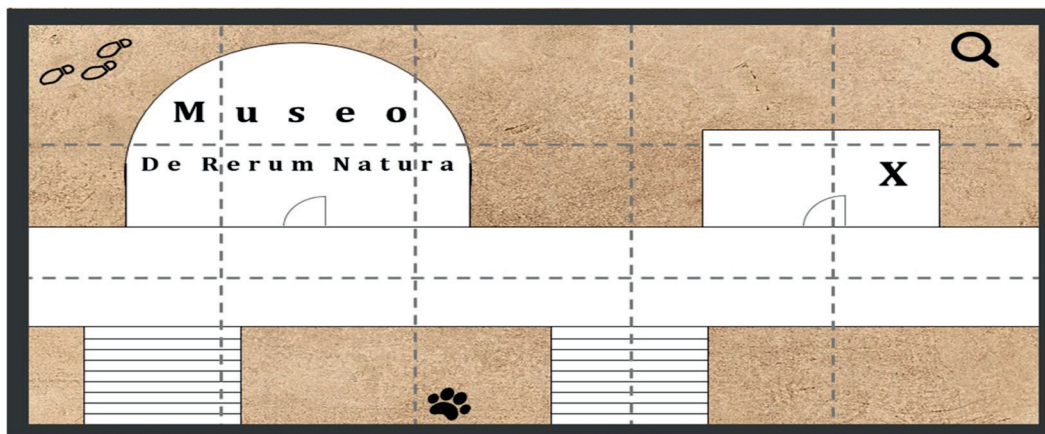


Figura 6: Mapa de la zona cercana al museo, la cruz marca el lugar donde están escondidos los objetos robados. Las líneas punteadas de color gris separan los quince fragmentos del mapa.

El juego se termina cuando todos los estudiantes llegan al lugar donde están escondidos los minerales robados. Deben además entregar la tabla que permite identificar al ladrón, correctamente rellena.

En ese momento la directora del museo les felicita por su buen trabajo y les da un carné de detective novato a cada uno (Figura 7).



Figura 7: Carné de detective novato que se entregará, relleno el nombre y apellido de cada participante, al finalizar la actividad.

Para terminar, se hará una visita guiada al museo. El docente será el encargado de entregar los cuestionarios de evaluación a los estudiantes en la próxima clase de Ciencias naturales.

Anexo 2: Descripción de los retos que forman la propuesta de innovación

Reto 1: Deshaz el rizo.

El alumnado deberá observar a través del microscopio varios cabellos que encontrarán en una pequeña bolsa transparente dentro del sobre del reto 1. Ayudándose de las descripciones de los sospechosos que tienen en sus libretas, deberán deducir qué personajes estuvieron la tarde del robo en el museo.

Materiales

- 1 sobre transparente con 4 pelos con diferentes características.
- Lupas de mano o binoculares.
- Pinzas.

Información en el sobre de cada grupo (sobres 1 a 5)

La policía ha encontrado diversos cabellos en el museo que pertenecen a algunos de los sospechosos. Con ayuda del microscopio ayuda a identificar cuáles de los sospechosos estuvieron la tarde del robo en el museo. Marcad con una X en vuestro cuaderno aquellos sospechosos cuyo pelo hayáis podido identificar.

Información adicional (sobre 6)

La tricología forense es una rama de la biología forense que se basa en el estudio de los cabellos, fijándose en distintos aspectos con el objetivo de identificarlas para la investigación criminal. Aprovechando que el pelo es muy estable en la mayoría de las condiciones ambientales, su estudio nos permite determinar a qué persona pertenece mediante diferentes técnicas, siendo una de ellas la observación en laboratorio con microscopio.

Reto 2: ¡Mira dónde pisas!

El alumnado encontrará seis figuras con fotografías de diversos calzados (Figuras 8 a 13) (imágenes vectoriales de calzado procedentes de [Vecteezy.com](https://www.vecteezy.com)). Junto a las fotografías habrá además folios con cuatro huellas incompletas (Figuras 14 a 17). Todas estas figuras deben imprimirse a tamaño real para que poder realizar comparaciones con la ayuda de una regla.

Con la ayuda de una lupa deberán observar las huellas y asignarlas a los sospechosos guiándose por las descripciones de los personajes y las fotografías del calzado.

Materiales

- 6 fotografías de los calzados que llevaban los sospechosos el día del robo.
- Una regla.
- Huellas incompletas encontradas por la policía.

Información en el sobre de cada grupo (sobres 1 a 5)

La policía ha encontrado huellas de diferentes calzados en el suelo del museo. Observad y comparad las fotografías de las suelas con los datos de las fichas de los sospechosos. Debéis analizar, y medir con una regla, las diferentes huellas encontradas por la policía en el museo. Identificad qué sospechosos estuvieron en el museo y marcadlos con una X en vuestros cuadernos.

Información adicional (sobre 6)

La podología forense es la aplicación del conocimiento de la podología para identificar huellas en la escena de un crimen. Se estudian aspectos como la profundidad de la huella, su tamaño y su forma, de ahí se puede observar aspectos como el desgaste de algunas zonas del zapato y deducir hasta el peso o altura del dueño/a.

Fotografías y esquemas del calzado



Figura 8: Fotografía de la suela de las botas de agua.



Figura 9: Fotografía de la suela de los zapatos de tacón ancho.



Figura 10: Fotografía de la suela de los zapatos de tacón alto.



Figura 11: Fotografía de la suela de las zapatillas deportivas.



Figura 12: Fotografía de la suela de las botas de seguridad.



Figura 13: Fotografía de la suela de los zapatos planos.

Huellas incompletas

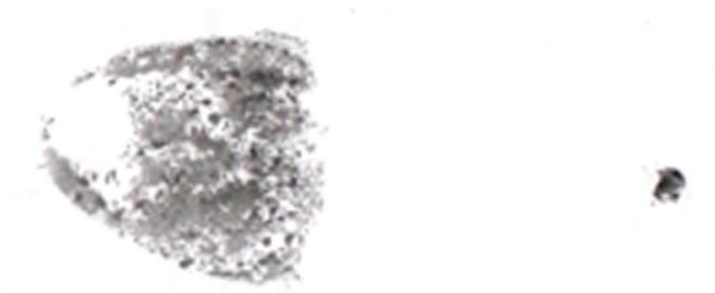


Figura 14: Huella incompleta encontradas por la policía en el interior del museo (pertenece a los zapatos de tacón alto).

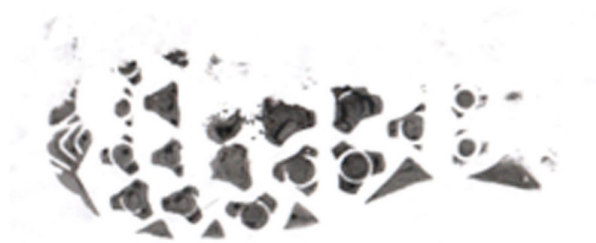


Figura 15: Huella incompleta encontradas por la policía en el interior del museo (pertenece a las zapatillas deportivas).



Figura 16: Huella incompleta encontradas por la policía en el interior del museo (pertenece a las botas de agua).



Figura 17: Huella incompleta encontradas por la policía en el interior del museo (pertenece a los zapatos de tacón plano)).

Reto 3: Body Questions.

Junto al esqueleto del cuerpo humano expuesto en el museo, el alumnado encontrará dos Tablets para realizar un cuestionario utilizando la herramienta Kahoot, en él habrá preguntas sobre el cuerpo humano relacionadas con los aparatos circulatorio, respiratorio, excretor y digestivo. Deberán ir anotando las respuestas para, después, buscar los nombres de cinco de los sospechosos. Estos coincidirán con las dos primeras letras de algunas de las respuestas correctas.

Materiales

- Dos tablets (se podría sustituir por teléfonos móviles).
- Cuestionario elaborado en Kahoot “expolio en el museo” (Tabla 1).
- Cuaderno y bolígrafo para anotar las respuestas.

Preguntas del cuestionario

Tabla 1: Cuestionario sobre el cuerpo humano. Aparece subrayada y en negrita la respuesta correcta, y la coincidencia con los nombres de los sospechosos (información que los alumnos no reciben).

1. ¿Cómo se llama la papilla de alimentos que se forma en el estómago entre el bolo alimenticio y los jugos gástricos?			
a) Papilla	b) Quimo (QUIQUE)	c) Proteínas	d) Grasas de origen animal o vegetal
2. Su función es llevar a todo el cuerpo el oxígeno y los nutrientes y recoger desechos.			
a) Aparato excretor	b) Aparato digestivo	c) Aparato circulatorio	d) Aparato respiratorio
3. ¿Cómo se llama el principal músculo que activa la respiración?			
a) Músculos intercostales	b) Inspiración	c) Espiración	d) Diafragma (DIANA)
4. Las plaquetas son fragmentos de células que ayudan a cerrar las heridas cuando sangran.			
a) Verdadero		b) Falso	
5.Cuál de estos hábitos NO es recomendable para una dieta saludable.			
a) Desayunar bien	b) Reducir el consumo de grasas	c) Cenas copiosas y pesadas (CECILIO)	d) Tomar alimentos ricos en fibras
6. La vejiga es el órgano encargado de filtrar continuamente la sangre.			
a) Verdadero		b) Falso	
7. ¿Cuál es el órgano principal del aparato circulatorio?			
a) Corazón (CORAL)	b) Pulmones	c) Hígado	d) Riñones
8. ¿Cómo se llama los repliegues que forman rugosidades en el intestino delgado?			
a) Glándulas anejas	b) Vellosidades intestinales	c) Faringe	d) Jugo pancreático
9. ¿Cómo se llama el conducto por el que sale la orina desde la vejiga hasta el exterior del cuerpo?			
a) Poros	b) Riñones	c) Glándulas sudoríparas	d) Uretra (ÚRSULA)
10. ¿Se puede vivir con un solo riñón?			
a) Verdadero		b) Falso	

Información en el sobre de cada grupo (sobres 1 a 5)

La policía cree que la persona que ha realizado el robo tiene muchos conocimientos sobre el cuerpo humano. Responded al cuestionario en la herramienta Kahoot y anotad las respuestas correctas. Una vez finalizado podréis comprobar que las dos primeras letras de algunas de estas respuestas coinciden con el nombre de cinco sospechosos, deberéis marcarlos con una X en vuestro cuaderno.

Información adicional (sobre 6)

Si tenéis dudas en alguna de las preguntas, o si no encontráis la respuesta correcta, no dudéis en buscar en internet.

Reto 4: Cuidado con los dedazos.

El alumnado dispondrá de carbón vegetal, un mortero y un pincel para crear un fino polvo que le ayudará a localizar una huella situada en un extintor. Con un trozo de celo, deberán recoger la huella y pegarla en su cuaderno. Luego, la tendrán que cotejar con las huellas de las fichas de cada sospechoso (Figura 4), descartando a la única persona que sí tocó el extintor cuando intentaba apagar el fuego queriendo evitar que se quemasen los archivos.

Para facilitar la dinámica, la persona responsable del museo dejará sus huellas en distintos puntos del extintor cada vez que se lleve a cabo la actividad. Esta huella coincidirá con la huella de la ficha de la directora, que es el personaje cuya huella debe aparecer en el extintor. Si cambia la persona responsable, deberá modificarse la huella de la ficha. De esta manera el alumnado siempre encontrará la huella de la directora en el extintor y podrá poner una cruz en el resto de los sospechosos.

Materiales

- Mortero, carbón vegetal, pincel y celo.
- Lupa de mano y/o binocular.
- Extintor.

Información en el sobre de cada grupo (sobres 1 a 5)

La policía ha encontrado varias huellas dactilares de una misma persona en un extintor ubicado en el departamento de Ciencias, lo que los lleva a pensar que esa persona intentó apagar el incendio que estaba destruyendo los archivos del museo. Ese indicio nos lleva a pensar que esta persona no es la culpable del robo.

Utilizad el mortero y el carbón para crear un fino polvo de carbón. Con ayuda del pincel y el polvo buscad alguna huella en el extintor. Con un trozo de celo trasladad la huella a vuestro cuaderno y comparadla con las huellas de las fichas para descartar a esa persona. Podéis utilizar la lupa para una mejor observación. Poned una X en todos los sospechosos cuyas huellas dactilares no coincidan con la que habéis encontrado.

Información adicional (sobre 6)

Las huellas dactilares se incluyen dentro de la biometría, una ciencia que estudia las características biológicas y físicas para identificar a una persona. Tal y como define la Interpol, las huellas dactilares son únicas en cada persona, no existen dos huellas iguales. Además, no cambian nunca, ni siquiera cuando crecemos. Por ello, las huellas dactilares pueden resultar muy útiles en una investigación para identificar a los posibles culpables.

Reto 5: Los huesos.

Los estudiantes encontrarán un recipiente con arena en el que habrá diferentes huesos de un animal. Esta actividad se puede modificar en función de los huesos que haya disponibles en cada momento, aunque para esta propuesta se han usado huesos de las pezuñas de un jabalí. Con ayuda de un tamiz, el alumnado separará los huesos de la arena. Una vez lavados los huesos con el frasco lavador, tendrán que identificar a qué animal pertenecen ayudándose de fotografías con huesos de

diferentes especies (Figura 18). Una vez identificado, deberán localizarlo en el museo y junto a él encontrarán un sobre con un fragmento del mapa en el sobre correspondiente a su grupo (Figura 6).

Materiales

- Tamiz de laboratorio, pinzas y frasco de lavador.
- Recipiente con arena y huesos de pezuñas de jabalí o cerdo.
- Fotografías de diferentes huesos de vertebrados (Figura 18).
- Recompensa: un fragmento de mapa (situado junto al animal al que pertenecen los restos óseos).

Fotografías de huesos de vertebrados

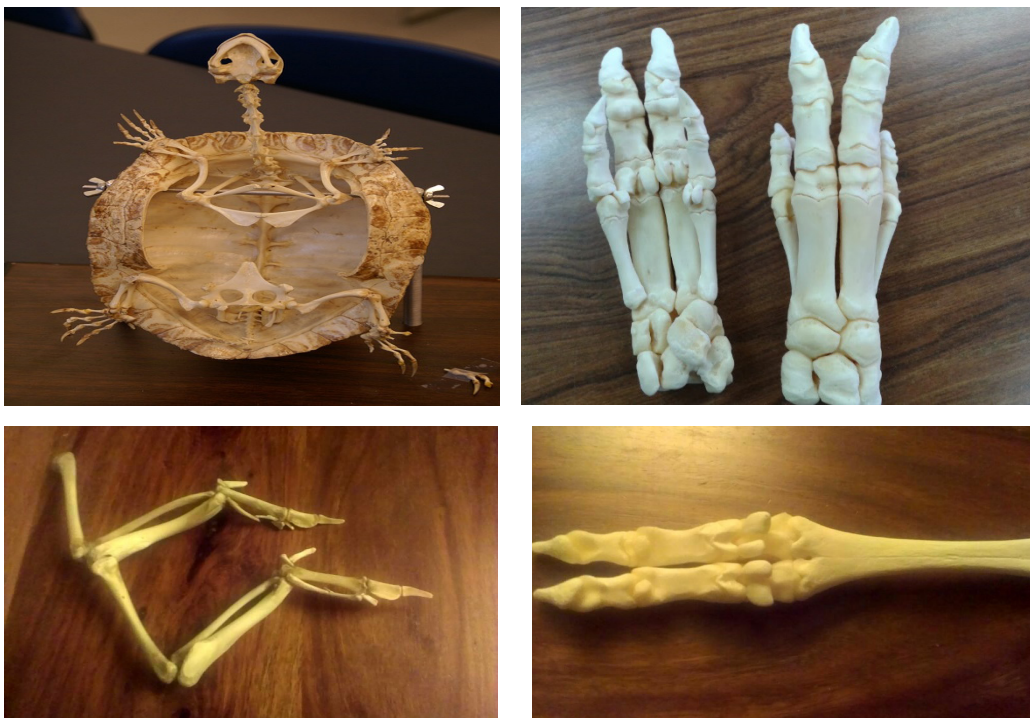


Figura 18: Fotografías de diferentes restos óseos de vertebrados. Arriba: tortuga (izda.) y pezuña de cerdo (dcha.). Abajo: ala de pollo (izda.) y pata de pollo (dcha.). Fuente: <https://inakiresa.wordpress.com/> y Pixabay. Pueden usarse otras fotografías en función de la disponibilidad de ejemplares.

Información en el sobre de cada grupo (sobres 1 a 5)

La policía está tratando de encontrar el mapa que ha escondido el ladrón para indicar a sus cómplices el paradero de los minerales robados.

Con ayuda del tamiz, separad la arena de los demás elementos que hay en el recipiente. Una vez localizados, limpiadlos con el frasco lavador y proceded a formar una estructura con ellos.

Observad las imágenes que encontraréis junto a los sobres para identificar de qué animal son. Deberéis buscar dicho animal en el museo, junto a él, habrá una parte del mapa.

Información adicional (sobre 6)

En la tierra hay más de 62 000 especies conocidas de animales vertebrados. Como características principales, cuentan con espina dorsal, o columna vertebral, y tienen simetría bilateral. Esta columna vertebral les proporciona un sistema de soporte y estructura, permite la movilidad y protege

los órganos internos. Su cuerpo se divide en tres zonas, cabeza, tronco y extremidades, y tienen diferentes tipos de protección (escamas, plumas, caparazón...). El estudio de los huesos puede dar mucha información sobre tu tamaño y forma, y permite identificar la especie.

Reto 6: ¿Quién soy?

Dentro del sobre cada grupo encontrará una tarjeta con las características de un animal (Figura 19), este animal guarda otro trozo del mapa en forma de adivinanza. Para llegar hasta él, deberán leer la tarjeta e identificarlo correctamente.

Materiales

- Tarjeta “¿Quién soy?” (Figura 19)
- Recompensa: fragmento de mapa (situado junto al ornitorrinco).

Información en el sobre de cada grupo (sobres 1 a 5)

Otro fragmento del mapa se encuentra escondido cerca de uno de los animales que hay en el museo. Descubre de qué animal se trata resolviendo esta adivinanza.

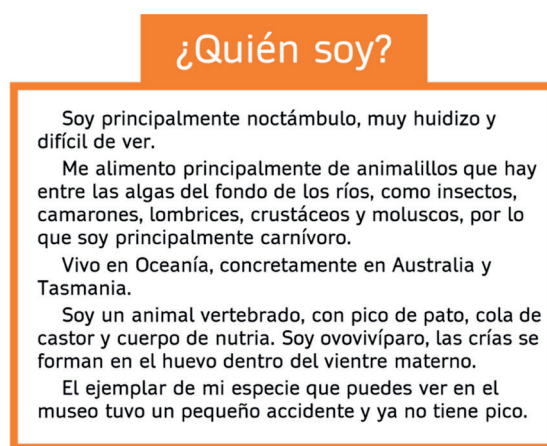


Figura 19: Adivinanza. Solución: ornitorrinco.

Información adicional (sobre 6)

Los animales se pueden clasificar en:

- Vertebrados: tienen columna vertebral o espina dorsal.
- Invertebrados: carecen de columna vertebral o espina dorsal.
- Ovíparos: El embrión se desarrolla en el interior de un huevo, el cual está fuera del cuerpo materno.
- Ovovivíparos: El embrión se desarrolla en el interior de un huevo, el cual permanece en el interior de la madre hasta el momento de su eclosión.
- Vivíparos: El embrión se desarrolla en el interior del útero materno.
- Carnívoros: Se alimentan de carne.
- Herbívoros: Su dieta consiste en alimentos de origen vegetal.
- Omnívoros: Se alimentan de carne y de alimentos de origen vegetal.

Reto 7: *Mystery animal*.

Los estudiantes deberán identificar diferentes palabras relacionadas con los animales vertebrados (rana, nutria, carnívoros, elefante, oso panda, ardilla) tras la lectura de algunas de sus características (Figura 20). Poniendo la primera letra de cada respuesta en un orden determinado, podrán

formar una palabra (C-R-A-N-E-O) que les indicará dónde está el fragmento del mapa. Los alumnos deben buscar un trozo de mapa en el entorno de los objetos similares a la palabra encontrada.

Materiales

- Tarjetas con las preguntas (Figura 20).
- Recompensa: fragmento de mapa (junto al objeto indicado).

Información en el sobre de cada grupo (sobres 1 a 5)

Para localizar este fragmento del mapa debéis actuar como grupo y consensuar las respuestas en este juego de preguntas cortas. Juntando la primera letra de cada respuesta formareis una palabra que indica el lugar donde se encuentra el fragmento. ¡Cuidado! Las letras pueden estar desordenadas.

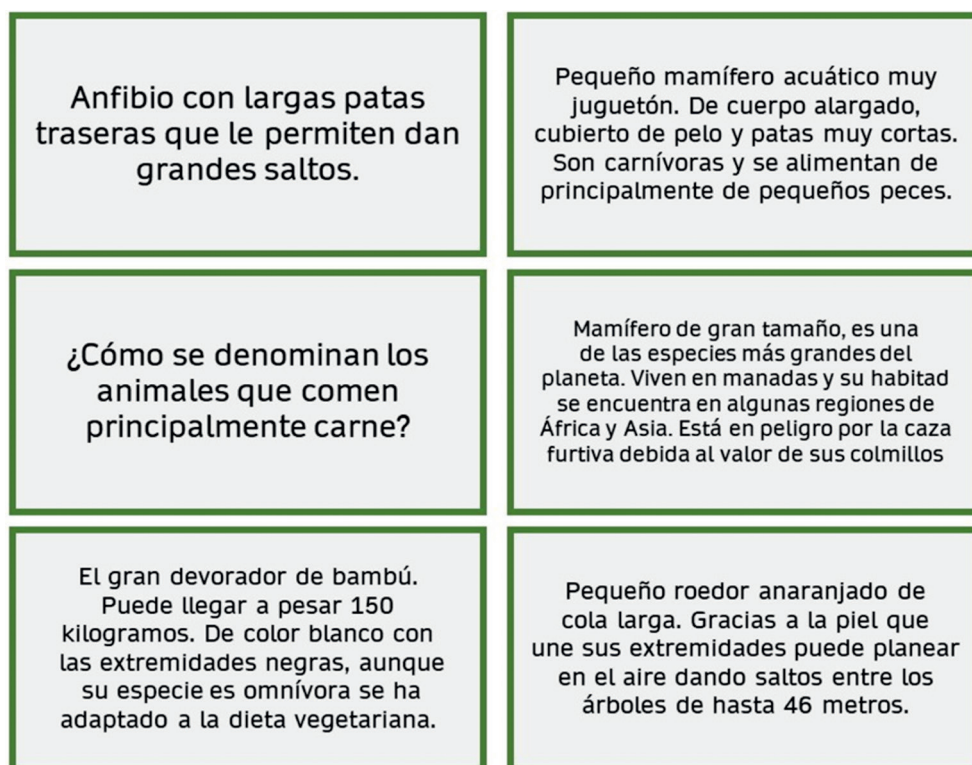


Figura 20: Tarjetas con las preguntas. A la hora de ponerlas en el sobre hay que imprimirlas y recortarlas para que estén separadas unas de otras.

Información adicional (sobre 6)

Al tratarse de un juego de preguntas no se proporcionará información adicional. En el caso de que algún grupo no consiga responder alguna pregunta, el docente puede ayudarles.

Cuando todos los grupos hayan resuelto los 7 retos, habrán llegado al final de la propuesta de innovación. En este momento cada grupo sabe quién es el ladrón, pero ningún grupo tiene el mapa completo, tienen 3 fragmentos de los 15 que tiene en total el mapa. Deben darse cuenta de que tienen que colaborar para encontrar los minerales robados.

Anexo 3: Evaluación de la actividad

Evaluación de la actividad por parte del docente

A lo largo del desarrollo de la prueba, el docente responsable del grupo tiene a su disposición una rúbrica (Figura 21) para poder evaluar cómo ha sido la participación de cada estudiante en los diferentes retos y si ha utilizado correctamente las herramientas asociadas.

Nombre del alumno/a: _____						
Reto 1	Reto 2	Reto 3	Reto 4	Reto 5	Reto 6	Reto 7
Participa en la actividad de forma activa.	Participa en la actividad de forma activa.	Participa en la actividad de forma activa.	Participa en la actividad de forma activa.	Participa en la actividad de forma activa.	Participa en la actividad de forma activa.	Participa en la actividad de forma activa.
Sí No	Sí No	Sí No	Sí No	Sí No	Sí No	Sí No
Utiliza correctamente la lupa.	Utiliza correctamente la regla.	Reconoce e identifica los aparatos digestivo, circulatorio, excretor y respiratorio y los órganos implicados en las funciones vitales.	Realiza experiencias sencillas con elementos de la vida cotidiana.	Utiliza correctamente elementos propios del laboratorio para realizar experiencias sencillas.	Identifica a un animal según diferentes clasificaciones y características.	Reconoce algunos animales por sus características principales.
Sí No	Sí No	Sí No	Sí No	Sí No	Sí No	Sí No
Realiza deducciones a partir de sus observaciones.	Compara e identifica las diferentes huellas de calzado.	Utiliza las TIC como herramienta de búsqueda de información.	Observa y saca conclusiones coherentes relativas a las huellas dactilares.	Identifica las características principales de los vertebrados.	Localiza el animal en el museo.	Resuelve problemas y enigmas con espíritu crítico.
Sí No	Sí No	Sí No	Sí No	Sí No	Sí No	Sí No
Reúne, cataloga y toma notas sobre los elementos observados.	Realiza deducciones de forma individual y las contrasta con el grupo llegando a acuerdos comunes.	Resuelve problemas y enigmas con espíritu crítico y responde a las preguntas.	Extrae conclusiones coherentes a partir del análisis y cotejo de información.	Reúne, cataloga y toma notas sobre los elementos observados.	Trabaja en grupo, realiza una escucha activa y ayuda en la resolución de conflictos.	Trabaja en grupo, realiza una escucha activa y ayuda en la resolución de conflictos.
Sí No	Sí No	Sí No	Sí No	Sí No	Sí No	Sí No

Figura 21: Rúbrica empleada por el docente para evaluar a los estudiantes.

Evaluación de la actividad por parte del alumnado

Al finalizar la actividad, y de vuelta en el aula, el docente responsable del grupo reparte a los alumnos una ficha para que puedan valorar cómo ha sido su experiencia (Tabla 2).

Tabla 2. ¿Qué te ha parecido la experiencia? Valora del 1 (nota mínima) al 5 (nota máxima) tu experiencia, por una cruz donde corresponda. Adaptado de Parra-González y Segura-Robles (2019).

	1	2	3	4	5
Jugar fue divertido.					
Disfruté mucho jugando.					
Mientras jugaba estaba completamente ajeno a todo lo que me rodeaba.					
Después de jugar me sentí como volver al “mundo real” después de un viaje.					
Jugar despertó mi imaginación.					
Mientras jugaba sentí que podía explorar cosas.					
Mientras jugaba me sentí creativo/a.					
Mientras jugaba me sentí frustrado/a.					
Mientras jugaba me sentí influyente.					
Mientras jugaba me sentí confiado/a.					

Además, cada estudiante tiene que responder a las siguientes preguntas en su cuaderno:

- Qué nota (del 1 al 10, siendo 1 lo peor y 10 lo mejor) le darías a la actividad que acabas de realizar?
- ¿Qué actividad te ha gustado más? ¿Por qué?
- ¿Cambiarías alguna actividad? ¿Por qué?
- ¿Crees que esta actividad te ha servido para aumentar tus conocimientos sobre ciencias naturales?
- ¿Con qué dificultades te has encontrado?