

Una experiencia de aula para la clasificación de vertebrados usando la Ciencia Ficción: Proyecto Pokédex

Daniel Peiro Agustín  Beatriz Bravo Torija  José Manuel Pérez Martín 

Departamento de Didácticas Específicas (Didáctica de las Ciencias experimentales) de la Facultad de Formación de Profesorado y Educación de la Universidad Autónoma de Madrid, España.

daniel.peiro.agustin@gmail.com, beatriz.bravo@uam.es, josemanuel.perez@uam.es

[Recibido: 24 julio 2020. Revisado: 21 noviembre 2020. Aceptado: 5 febrero 2021]

Resumen: Uno de los aspectos más difíciles de abordar en biología es el de la biodiversidad y su clasificación. A lo complejo de su estudio, se une el bajo interés por las ciencias de parte del alumnado. Lo que, al combinarse con un enfoque demasiado reduccionista, genera ideas alternativas que perduran hasta la Educación Superior. Enfoques como el uso de la ciencia ficción se presentan como una alternativa para mejorar este aprendizaje. En este trabajo, se propone una intervención educativa que aborda la clasificación de los vertebrados en 1º ESO a través de la identificación de rasgos reales en criaturas de ciencia ficción, los Pokémon. El objetivo principal que se persigue es analizar el desempeño de los alumnos para clasificar un Pokémon, en uno de los grupos de vertebrados, considerando si son capaces de discriminar en base a los rasgos visibles y no visibles del organismo a qué grupo de vertebrados pertenecería. Los resultados muestran que el uso de la ciencia ficción favorece el reconocimiento de los rasgos distintivos de cada grupo de vertebrados, considerando también características no observables en las ilustraciones, y sugiriéndolas para su clasificación, e incluso relacionándolas con su adaptación al medio o su tipo de alimentación.

Palabras clave: Ciencia Ficción, Educación Secundaria, Clasificación de vertebrados, Biodiversidad, Pokémon

A classroom experience for vertebrate classification using Science Fiction: The Pokédex Project

Abstract: One of the most difficult aspects to address in Biology education is Biodiversity and its classification. To the complexity of this study, the low interest of the majority of students is added. When combined it with a reductionist approach, generates alternative ideas that last even in Higher Education. Approaches such as the use of Science Fiction are presented as an alternative to improve students' learning. In this work, an educational intervention in 7th grade that addresses the classification of vertebrates, through the identification of real features in science fiction creatures, the Pokemon, is proposed. The main aim is to analyse the students' performance to classify Pokemon, in one of the vertebrate groups, considering whether they are able to discriminate based on the visible and non-visible features of the organism. The results show that the use of science fiction promotes the recognition of the distinctive features of each group of vertebrates, considering non-observable characteristics in the illustrations and suggesting these characteristics for their classification, and even relating them to their adaptation to the environment and their feeding type.

Keywords: Science Fiction, Secondary Education, Classification of vertebrates, Biodiversity, Pokemon

Para citar este artículo: Peiró Agustín D., Bravo Torija B., Pérez Martín J.M. (2021) Una experiencia de aula para la clasificación de vertebrados usando la Ciencia Ficción: Proyecto Pokédex. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 18(2), 2204. doi: 10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2021.v18.i2.2204

Introducción

Uno de los aspectos de la biología que resulta difícil de abordar en la Educación Secundaria es, sin duda, la clasificación de la biodiversidad (Collado, Collado y Domènech Casal 2016; Domènech Casal 2014). Esto se debe a que es una tarea ardua y compleja, para la cual se requieren unos conocimientos bastante avanzados, y depende tradicionalmente de una metodología de enseñanza con fuerte componente memorístico, muy necesario considerando la gran cantidad de rasgos y características que marcan los límites entre un grupo taxonómico y otro (Rodríguez, de las Heras, Romero y Cañal 2014). Por lo tanto, conlleva gran carga de trabajo por parte del estudiante que, en ocasiones, puede derivar en una falta de interés por

este contenido (Collado *et al.* 2016), ya que se suele presentar muy alejado del contexto cotidiano y que algunos de los criterios clasificatorios (regulación de temperatura, tipos de escamas, o formas de reproducción) son poco intuitivos o visuales (Rodríguez *et al.* 2014).

Por ello, y ante las dificultades de una enseñanza de los seres vivos (modelo, clasificación, evolución, etc.) que permita aprendizajes duraderos, se ha sugerido la necesidad de desarrollar propuestas didácticas que estén próximas a los contextos cotidianos de los estudiantes, que promuevan demandas cognitivas que requieran de la puesta en práctica de destrezas como la utilización de pruebas para construir una respuesta argumentada (Martínez Losada, García Barros y Garrido 2014).

En este sentido, son numerosos los estudios que han señalado que el uso de la ciencia ficción en la enseñanza de las ciencias es beneficioso para abordar y comprender conceptos científicos complejos y abstractos (Carretero-Gómez 2008; Palacios 2007), y también para fomentar el interés del estudiante por los mismos y para favorecer su capacidad de analizar críticamente (Dou, Hazari, Dabney, Sonnert y Sadler 2019). Asimismo, se recomienda su utilización con más frecuencia ya que, históricamente ha sido un recurso desaprovechado (Sierra Cuartas 2007).

Por estos motivos, en este artículo nos preguntamos si ¿es posible mejorar las dificultades de clasificación de vertebrados del alumnado de 1º de ESO con unas actividades basadas en el Pokédex? Para darle respuesta, se realiza una intervención de aula centrada en el uso de personajes de ciencia ficción (los Pokémon) para abordar el aprendizaje de las características de los vertebrados y su identificación y clasificación en base a ellas. Además, se analiza el desempeño de los alumnos para clasificar un Pokémon, en uno de los grupos de vertebrados. Para ello, se valora si los estudiantes discriminan en base a los rasgos visibles y no visibles el grupo de vertebrados al que podría corresponder, y si llegan a reconocer la relación entre estos rasgos y la adaptación al medio del organismo de ficción. Por último, se valora el grado de satisfacción de los estudiantes por el recurso, su autopercepción de aprendizaje y la carga de trabajo, entre otras cuestiones. Lo que podría considerarse un indicador interés del alumnado por este tipo de metodologías y recursos didácticos.

Marco teórico

Teniendo en cuenta lo que menciona el currículo (MECD 2015) de la asignatura de biología y geología, en su bloque 3: “la biodiversidad en el planeta tierra”, tanto la biodiversidad como su clasificación son apartados esenciales, que los estudiantes de 1º de Educación Secundaria Obligatoria (ESO) han de conocer y aplicar al terminar dicho curso. Sin embargo, los estudiantes de toda la etapa de secundaria tienen unos conocimientos bastante limitados y escasos sobre esta temática (González García y Salinas Hernández, 2004). Diferentes motivos explican esta situación, en primer lugar, el tratamiento que recibe este contenido en los libros de texto, recurso, que aún hoy en día, sigue siendo uno de los principales para el profesorado (Carmen y Jiménez-Aleixandre 2010). En concreto, autores como Ocelli y Valeiras (2013) y Bernat y Gómez (2009) muestran que en los libros existen lagunas y errores sobre el tema, reflejando la escasa y pobre calidad de los contenidos, siendo claramente insuficientes para dotar al alumno de una base teórico-práctica sobre la biodiversidad. Además, otros estudios como el de Bermúdez, De Longhi, Díaz y Gavidia (2014) señalan que la mayoría de libros no suelen ir más allá de presentar la biodiversidad como la mera “riqueza de especies”, obviando aspectos como los efectos de la extinción de especies en la desaparición de ecosistemas.

En este sentido, hay que destacar que la biodiversidad es un tema que se relaciona con otros, como la evolución de los seres vivos, la filogenia, la selección natural, la adaptación al medio y la clasificación taxonómica. Sin embargo, en la práctica docente se compartimentalizan y

descontextualizan, presentándose a los estudiantes como algo fragmentario y con poco significado (Bermúdez, *et al.* 2014). Este hecho dificulta el aprendizaje de la clasificación taxonómica, que se convierte en un contenido básico para la comprensión del resto, pero que se enseña y aprende de manera memorística, alejándola de cualquier cotidianidad (Collado *et al.* 2016; Rodríguez *et al.* 2014).

La enseñanza de la clasificación taxonómica se inicia en etapas previas a la educación secundaria, y es allí, donde por primera vez, se introducen ideas alternativas sobre los seres vivos, ya que en muchas ocasiones se utilizan lenguajes finalistas y representaciones antropomórficas (Melero-Alcíbar y Gamarra 2016). Debido a estas representaciones, el uso de pruebas se hace muy complejo para utilizarlo en la clasificación taxonómica y a los estudiantes les cuesta aplicar sus conocimientos a situaciones reales (Ganea, Canfield, Simons-Ghafari y Chou 2014). Además, sabemos que existe un aprendizaje de estos contenidos a través de la educación no formal, lo que incrementa la aparición de ideas alternativas en el alumnado. Así lo demuestran Melero-Alcíbar y Gamarra (2016), cuando en su estudio, con estudiantes de magisterio, estos aluden a películas infantiles para justificar qué saben sobre los peces payaso. Esto, junto a que sólo un 3,3% de los participantes fueron capaces de justificar sus respuestas sobre clasificación taxonómica con argumentos científicos, indica que este tema no se aprende con la suficiente profundidad en la etapa de educación secundaria. Además, los futuros docentes en muchas ocasiones categorizan a los seres vivos por su locomoción y hábitat, pero no en base a sus características morfológicas, que deberían ser introducidas como elementos clave desde edades tempranas (Melero-Alcíbar y Gamarra 2016). Con todo ello, se demuestra que se trata de un problema grave que se inicia en etapas tempranas y que llega, incluso, hasta la formación inicial docente.

Ante esta situación, surgen varios enfoques que tratan de promover el aumento del interés del estudiante por el aprendizaje de ciencias, entre los que destaca el uso la ciencia ficción como recurso didáctico (Petit y Solbes 2012). De entre las intervenciones realizadas, destacan las que utilizan la visualización y el análisis de películas, o fragmentos de las mismas, para favorecer el aprendizaje de conocimientos disciplinares por parte del alumnado, hasta las que tratan el papel, la labor y la forma de trabajar concretas de los científicos (Petit y Solbes 2015; 2016). En concreto, en el ámbito de la biología, destacan trabajos que abordan, desde un enfoque diferente, la genética y la evolución. Por ejemplo, Borrás Quirós (2016) se sirve de la película “*Gattaca*” para abordar en el aula distintos aspectos de genética como la herencia y la transmisión de los caracteres con alumnado de 4º de ESO. Grilli (2016) aborda contenidos de genética y evolución con estudiantes de magisterio a través del análisis de un clásico de la ciencia ficción como “*Jurassic Park*”. Otras iniciativas como la de Palacios (2007), propone incluso llegar a utilizar la ciencia ficción como hilo conductor en algunas de sus asignaturas, por ejemplo, abordando en base a películas de este género, la física en una asignatura transversal universitaria para titulaciones de ciencias, con resultados sobresalientes entre los estudiantes. Sin embargo, hay que señalar la necesidad del buen uso de este recurso, pues durante muchos años ha estado desaprovechado o ha sido mal empleado (Sierra Cuartas 2007). En este sentido, hay que señalar el hecho de que no todo el género de la ciencia ficción muestra la ciencia de forma adecuada. Existen numerosas obras que presentan multitud de errores conceptuales que, de no ser corregidos por el docente, fomentarán graves ideas alternativas en los estudiantes (Abril Gallego y Muela 2015; Petit y Solbes 2012).

En el ámbito de la diversidad biológica, la ciencia ficción y sus personajes se han mostrado como una herramienta muy eficaz para acercar ideas científicas complejas al día a día del alumnado, como puede ser el uso de los árboles filogenéticos para trabajar la biodiversidad (Dinghi, Guzmán y Monti 2020) y la evolución biológica (Domènech Casal 2014; Gendron 2000; Grilli 2016). Esto es debido, en primer lugar, al gran impacto que tienen el cine y la

televisión en los aprendizajes que se producen en nuestra sociedad, en particular en los jóvenes (Petit y Solbes 2016). En segundo, por su capacidad para fomentar el uso de la imaginación (Gil Quílez, Gándara Gómez, Dies Álvarez, Martínez Peña 2011). Si a esto, le añadimos el éxito que tiene este enfoque tanto a nivel social, como de adquisición indirecta de conocimientos, cuando se desarrolla en ambientes ajenos a la educación, como en el caso del juego PokémonGO (Gendler 2016), resulta inevitable plantearse sus posibles usos en el aula (Petit y Solbes 2015). Sin embargo, son escasas las propuestas que están dirigidas concretamente a trabajar la clasificación taxonómica, lo que con este tipo de diseños facilitarían la comprensión de este tema haciéndolo más práctico y aplicable, y menos memorístico. Por ello, con la propuesta de este trabajo sobre el uso de los Pokémon para abordar la identificación y clasificación de vertebrados esperamos contribuir a cubrir esa necesidad, lo que analizaremos mediante el uso argumentado de pruebas.

Metodología

Contexto de los participantes

Los participantes de esta experiencia de aula fueron 31 estudiantes de 1º de ESO de un instituto público de la Comunidad de Madrid, que se caracteriza por ser un grupo muy participativo, flexible y abierto a nuevas metodologías. Esto permitió a los autores introducir el uso de la ciencia ficción sin ningún problema en el aula.

Secuencia de Aprendizaje

La secuencia de aprendizaje está comprendida por cuatro actividades que se dividen en siete sesiones de 45 minutos y se resumen en la tabla 1. Una primera actividad introductoria en que se evalúa qué saben los alumnos sobre los vertebrados y sus características; una segunda en la que se emplea un juego de cartas para el reconocimiento de los rasgos que caracterizan a los distintos grupos de vertebrados; una tercera sobre clasificación de criaturas de ciencia ficción (Pokémon), denominada Proyecto Pokédex; y, por último, una prueba final de evaluación que incluía una pregunta cuya demanda era la misma que la solicitada en la actividad 3.

Tabla 1. Resumen de secuencia de actividades, y objetivos e indicadores de logro por actividad.

SESIÓN	ACTIVIDAD	OBJETIVOS	INDICADORES DE LOGRO
1. Introducción	Presentación y evaluación inicial.	1. Reconocer las características generales de los vertebrados aparecidos en los vídeos. 2. Reconocer los 5 grupos de vertebrados a través de los vídeos.	1. Reconoce las características generales de los vertebrados. 2. Reconoce los 5 grupos de vertebrados.
2. Juego de cartas.	Explicación del juego de cartas y simulación práctica del juego.	1. Reconocer las características propias (visibles y no visibles) de cada grupo de vertebrados a través del juego de cartas.	1. Reconoce las características visibles propias de cada grupo. 2. Reconoce las características no visibles propias de cada grupo.
3. Juego de cartas.	Sesión de juego.	2. Discriminar qué rasgos son de utilidad para la clasificación de otros que no lo son.	3. Discrimina que rasgos son de utilidad para clasificar y cuáles no.
4. Proyecto Pokédex.	Elaboración de un informe de clasificación	1. Discriminar las características propias (visibles y no visibles) de cada grupo de vertebrados en los Pokémon.	1. Discrimina las características visibles propias del grupo.
5. Proyecto Pokédex.	de un organismo Pokémon.		2. Discrimina las características no visibles propias del grupo.

Tabla 1. Continuación.

SESIÓN	ACTIVIDAD	OBJETIVOS	INDICADORES DE LOGRO
6. Evaluación	Examen en el que se les demanda la elaboración de un informe de clasificación taxonómica de un organismo Pokémon.	1. Discriminar las características generales de los vertebrados. 2. Discriminar las características propias (visibles y no visibles) de cada grupo (y subgrupo) de vertebrados en los Pokémon.	1. Discrimina las características generales de los vertebrados. 2. Discrimina las características visibles propias del grupo/subgrupo. 3. Discrimina las características no visibles propias del grupo/subgrupo.
7. Corrección	Corrección reflexiva en común del examen.		

Actividad 1: Introducción

En la primera actividad, se buscaba conocer el interés previo de los alumnos sobre los vertebrados y su clasificación, así como sus ideas previas. Para ello, se empleó la secuencia de la película de dibujos animados “El Rey León” (1994, Walt Disney Feature Animation, EE.UU.), donde se presenta al cachorro recién nacido, preguntando después al alumnado sobre lo que había visto y el motivo por el que consideraban que se había comenzado la clase con ella. A continuación, los alumnos, junto con el docente, definieron el concepto de vertebrado, y recordaron los cinco grupos principales que se mencionan en el libro de texto, adjudicando a cada uno las características que conocían, sin considerar si eran o no adecuadas. Para recoger la información, se elaboró una tabla en la pizarra, que fue fotografiada por el docente.

Tras esta puesta en común, se visualizaron otros tres vídeos: los tráileres de las series documentales “Planeta Tierra IP” (2016, BBC, Reino Unido) y “Planeta Azul IP” (2017, BBC, Reino Unido), y “Nuestro Planeta” (2019, WWF, EE.UU.). Entre proyecciones, se preguntó a los estudiantes lo que habían visto, recopilando la información para compararla con las ideas previas recogidas al inicio. El objetivo fue elaborar una tabla con información sencilla que pudiera identificarse de forma visual, sin contemplar aspectos no observables como el tipo de reproducción. Las preguntas que se realizaron fueron las siguientes “¿Qué animal es ese?”, “¿A qué grupo pertenece de los que hemos dicho?” o “¿Cómo lo sabéis?”. Para finalizar la sesión, se proyectó el tráiler de la película “Detective Pikachu” (2019, Legendary Pictures, Toho, Nintendo, EE.UU.-Japón y Reino Unido) y se trasladó a los alumnos el reto de si serían capaces de clasificar los animales de ficción que veían en el video a partir de la información recogida en las tablas anteriores. Con ello se pretendía anticipar la demanda que se les haría en las siguientes sesiones.

Actividad 2: El Juego de Cartas

En la segunda actividad, se presentaron las características propias de cada grupo de vertebrados al alumnado. Esta actividad tuvo una duración de dos sesiones. En la primera, se explicó y realizó el juego y en la segunda, se abordaron los rasgos característicos de cada grupo de vertebrados. Los alumnos, junto con el docente, elaboraron un mapa conceptual sobre los grupos de vertebrados y sus principales rasgos, tanto visibles como no visibles, considerando todos los que habían manejado en el juego.

El juego, de elaboración propia, que se empleó (Figura 1) fue tan rápido como sencillo de jugar, y consistió en la asociación de cartas de diferentes animales (fijas en la mesa) con sus correspondientes cartas de rasgo (que tenían los estudiantes). Los jugadores debían ir colocando por turnos sobre la carta de cada animal, las cartas con los rasgos que le correspondieran. El jugador que colocaba la última carta de rasgo, se llevaba dicho animal, sumando los puntos que este otorgaba. Cada vez que esto sucedía, el estudiante rellenaba una tabla en la pizarra con todos los rasgos distintivos del grupo taxonómico al que pertenecía el animal de la carta que acaba de ganar. En los casos de organismos peculiares como mamíferos sin pelo o aves con aletas, el juego se detenía para hacer una breve explicación, introduciéndose así conceptos como adaptación, órgano homólogo, órgano análogo o evolución convergente. De forma progresiva, se iban introduciendo nuevas cartas de animal, comenzando con aquellos más sencillos y representativos de cada grupo, y añadiendo después aquellos más complejos de clasificar.



Figura 1. Resumen del funcionamiento del juego. Fuente: Elaboración propia

Una vez acabado el juego, se ponía en común todo lo aprendido sobre los vertebrados. En concreto, se ordenaron todas las ideas de las tablas en un mapa conceptual, a mitad de camino de un árbol filogenético sencillo y una línea de tiempo, que sirviera para comenzar a asimilar los conceptos de evolución y clasificación taxonómica. Al mismo tiempo, se introdujeron subcategorías de cada taxón de vertebrados. De tal forma que, al finalizar la sesión, el alumnado había construido un mapa con las relaciones temporales, anatómicas, fisiológicas, conductuales, adaptativas y de parentesco de todos los vertebrados.

Actividad 3: El Proyecto Pokédex

Tras las dos primeras actividades más centradas en la introducción de los contenidos, en la tercera se solicitó la aplicación de esos conocimientos a un contexto concreto como es la clasificación de distintos Pokémon. La actividad se denominó Proyecto Pokédex, y en lugar de utilizar animales reales, se utilizaron ilustraciones hiperrealistas de Pokémon (Figura 2) realizadas por un ilustrador científico profesional R.J. Palmer (www.rj-palmer.com). A cada alumno se le repartió un organismo Pokémon distinto, que tenía que identificar. La actividad se realizó durante dos sesiones. A lo largo de ellas, todo el alumnado presentó el resultado del análisis de su Pokémon al resto de la clase, justificando por qué lo clasificaban en el grupo de vertebrados escogido. La actividad presentada a los alumnos llevaba el siguiente enunciado: “¿Cómo y en qué grupos clasificarías estos Pokémon? Piensa, razona y argumenta todo aquello que seas capaz de decir sobre los animales del dibujo.”.

Proyecto Científico...



Cada vez que se descubre un nuevo animal, los científicos tienen que afrontar el reto de clasificarlo. Para ello, analizan todos sus rasgos y los comparan con los de los animales y grupos que ya conocemos hasta dar con el más semejante.

Como descubrir un nuevo animal no es nada sencillo, y todavía lo es menos sin salir del instituto, vamos a utilizar un poco la imaginación. Seguro que conoces o has jugado a alguno de los juegos de la saga Pokémon... ¿Crees que podríamos clasificar algunas de estas criaturas en los grupos que conoces? ¡Vamos a ello!

Teniendo en cuenta todo lo que sabes y lo que has aprendido sobre los animales, y más concretamente sobre los vertebrados, ¿Cómo y en qué grupos clasificarías estos Pokémon? Piensa, razona y argumenta todo aquello que seas capaz de decir sobre los animales del dibujo.

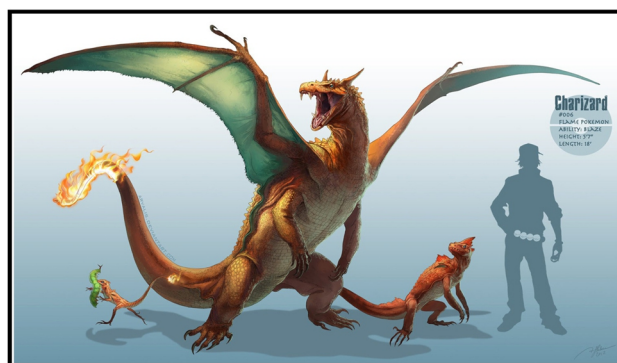


Figura 2. Actividad 3. Ejemplo de una de las actividades del Proyecto Pokédex. Fuente: Elaboración propia tomando las imágenes de www.rj-palmer.com

Actividad 4: Evaluación

Para terminar la secuencia y evaluar los conocimientos adquiridos, se realizó la prueba de evaluación (Actividad 4: A partir del organismo Pokémon presente en la figura 3F responde “¿Qué tipo de vertebrado es el animal del dibujo? ¿Cómo lo sabes? ¿Qué cosas sabes de ese grupo que no se ven en la foto? ¿A qué subgrupo pertenece?”), que demandaba cuestiones similares a la actividad “Proyecto Pokédex” que habían realizado con anterioridad. Al utilizar a los Pokémon como organismos problema, se pretendía facilitar la movilización del conocimiento adquirido por el alumnado en las actividades anteriores, dado que encontrarían características comunes entre la prueba de evaluación y lo ya trabajado, facilitando que los estudiantes pudieran aplicar lo aprendido a un ejemplo distinto no memorizable y donde lo más importante fuera cómo se justifica la respuesta, más allá del acierto o el error. En la evaluación, en lugar de tener un ejemplo de Pokémon distinto cada alumno, todos tenían el mismo.

Recogida y análisis de respuestas de los estudiantes

Se recogieron las respuestas ($n=31$) escritas dadas por los estudiantes en el Proyecto Pokédex (Actividad 3) y en la prueba de evaluación (Actividad 4). El análisis de estas respuestas se enmarca en el análisis de contenido (Bardin, 1996), considerando, en base a las respuestas dadas por los estudiantes, si alcanzaban o no los siguientes niveles de logro:

1. Discrimina las características visibles de un grupo de vertebrados frente al resto.
2. Discrimina las características propias de un grupo vertebrados frente a otros.

Para definir los niveles anteriores se consideraron los criterios de evaluación (CE 3, 4, 5, 6 y 8) y estándares de aprendizaje evaluables (EAE 3.1, 5.1 y 6.2) del currículo del primer curso de ESO para el bloque 3 (MECD, 2015).

A continuación, tras el análisis de las respuestas de los estudiantes al Proyecto Pokédex, se introdujo un nuevo indicador de logro, *“relaciona algún rasgo del vertebrado estudiado con su adaptación al medio”*, dado que, como abordaremos en los resultados, aunque establecer conexiones entre los rasgos observables y no observables y la adaptación al entorno del organismo no era una demanda de la tarea como tal, algunos estudiantes llegan a establecerlo. Este hecho nos hizo considerarlo relevante por dos razones; una de ellas porque tiene base curricular en el CE 7 y en el EAE 7.1 y 7.2 del mismo bloque del currículo (MECD, 2015), es decir es una demanda que los alumnos deberían cubrir al terminar este curso, y que, aunque no era solicitado en la tarea, una parte del alumnado llega a conseguirlo en la actividad Proyecto Pokédex, y queríamos conocer qué ocurriría en la prueba de evaluación.

Considerando los indicadores de logro y las respuestas dadas por los estudiantes, finalmente se establecen cuatro categorías de análisis, construyendo la herramienta de análisis en interacción con los datos proporcionados por los participantes del estudio (Tabla 2). Las categorías cumplían los criterios de ser exhaustivas y excluyentes, es decir todas las respuestas estaban clasificadas en al menos una categoría, y no había ninguna respuesta clasificada en más de una (Bardin, 1996).

Satisfacción de los estudiantes sobre la propuesta

A través de un cuestionario de preguntas abiertas (<http://t.ly/kxKA>), se preguntó a los estudiantes su opinión sobre las actividades de la secuencia didáctica, concretamente sobre el grado de satisfacción, la autopercepción de lo aprendido, la carga de trabajo, el conocimiento de los personajes y si se les ocurre algún recurso alternativo. Una vez contestados, se procesaron las respuestas cualitativamente, recogiendo las ideas clave relacionadas con los ítems preguntados, y mostrando ejemplos de respuestas representativas obtenidas. Con todo ello, nos podemos aproximar a conocer el interés del alumnado por este tipo de metodologías y recursos didácticos.

Resultados y discusión

En esta sección se presentan en primer lugar los resultados encontrados tras realizar la actividad 3, titulada Proyecto Pokédex, y en segundo los obtenidos en la prueba de evaluación, también se considera la diferencia de desempeño entre ambas actividades.

Con respecto a los resultados encontrados para la tercera actividad, Proyecto Pokédex, de los 31 alumnos que realizaron el ejercicio, un total de 29 fueron capaces de identificar el grupo de vertebrados al que pertenecía el Pokémon que les había tocado. Los dos estudiantes que no lo consiguieron, tuvieron que enfrentarse al dibujo más complejo (Figura 3A). El Pokémon presente en el ejemplo tenía pelo (mamífero), poseía unas formaciones dérmicas que no se habían estudiado en el aula y que podían interpretarse como escamas, clasificando al Pokémon como reptil. A pesar de no tomar una decisión final respecto al grupo de vertebrados al que pertenecía, ambos estudiantes consideraban tanto mamíferos como reptiles, apoyando su razonamiento en rasgos característicos de los dos grupos como se muestra en siguiente ejemplo *“Este Pokémon creemos que es un reptil. Creemos que es un reptil basándonos en que tiene escamas. Y también creemos que es un mamífero porque tiene pelo”*. Este es sin duda uno de los casos más

interesantes, ya que pese a la duda generada por lo complejo de la criatura y el hecho de que posea estructuras dérmicas que no se abordaron en clase, consiguieron construir dos respuestas válidas y argumentadas.

En base a las respuestas dadas por los estudiantes (Tabla 2), todos conseguían discriminar los rasgos observables propios del grupo de vertebrados al que consideraban pertenecía el Pokémon que les había tocado clasificar. Por ejemplo, ante la figura 3B, un estudiante describió: *“Parece un reptil porque tiene escamas, no tiene alas ni pelos.”*. En cambio, otros estudiantes aprecian características de peces: *“...es un pez porque tiene branquias, escamas [...]. Tiene mandíbula.”*; o incluso de anfibios: *“Es un vertebrado anfibio con escamas y las manos tienen membrana interdigital”*. Los alumnos clasifican al identificar rasgos observables (escamas y branquias) y no observar otros (alas y pelos), y así descartan su pertenencia a otros grupos de vertebrados.

En la tabla 2, se muestra que 16 estudiantes realizaron la clasificación taxonómica usando alguna característica no observable como prueba, como se puede ver en la respuesta para el organismo presente en la figura 3B: *“Creemos que es un reptil porque tiene escamas y es tetrápodo y se parece a un cocodrilo. Es ovíparo, ectotermo y tiene respiración pulmonar, fecundación interna y reproducción sexual”*; o en otro para la figura 3C: *“Tiene escamas y es tetrápodo. Suponemos, ya que los reptiles son los únicos con esas características, que es ovíparo, tiene pulmones, es vertebrado y es ectotermo”*. Donde se infieren características no observables (ovíparo, ectotermo, fecundación interna y reproducción sexual) en función de una hipótesis basada en características observables. Este es uno de los casos en los que el análisis realizado por la estudiante fue más allá de la mera interpretación visual, siendo capaz de movilizar contenidos en base a lo observado en la imagen, relacionándolos con otros adquiridos en las actividades previas.

En algunos casos, incluso relacionaban el Pokémon (Figura 3D) con contenidos tratados en temas anteriores como los invertebrados como en el ejemplo que aparece a continuación: *“Hay otros animales, pero son invertebrados. Uno es un insecto porque tiene 3 pares de patas y otro un gusano porque reptar por el suelo sin patas, y dentro de los gusanos un anélido.”* En esta respuesta, el estudiante fue capaz no solo de describir y clasificar a los animales objetivo de la tarea, sino también recuperar conocimiento anterior y aplicarlo en la actividad propuesta.

Además de lo solicitado en la tarea (identificar rasgos observables de vertebrados en las figuras, discriminado a qué grupo de vertebrados pertenecía el organismo asignado), hubo seis estudiantes que llegaron a establecer relaciones entre estos rasgos y la posible forma de vida y hábitat del Pokémon a clasificar (Tabla 2), como se muestra en las respuestas de dos estudiantes a la clasificación de los Pokémon que aparecen en la figura 3A: *“Es un animal vertebrado, mamífero, carnívoro, respira por pulmones, tiene pelo, característica que le denomina mamífero, es vivíparo y es endotermo”*; y en la figura 3E: *“Pertenece a los reptiles. [...] porque tiene escamas que rodean su cuerpo. En este grupo respiran por pulmones y son ovíparos. Tiene garras para desgarrar a su presa y poder defenderse. Posiblemente puede tener una lengua larga y dientes afilados. Presenta ojos rojos saltones posiblemente pueden observar por la oscuridad. Presenta dos patas, alas y cola.”*. Esto también se produce en la figura 3B: *“...es un pez porque tiene branquias, escamas y vive en el mar. Tiene mandíbula.”*, poniendo de manifiesto que sus características observables permiten inferir su alimentación (carnívoro), hábitos (nocturno) y hábitats (nadador acuático) respectivamente.



Figura 3. Ejemplos de organismos problema en las actividades del Proyecto Pokédex (A-E) y de la evaluación (F). Fuente: imágenes obtenidas de www.rj-palmer.com

En las respuestas, los estudiantes reconocen numerosos rasgos visibles (escamas, banquias, mandíbulas, pelo, alas u ojos) y deducen rasgos no observables propios de los grupos taxonómicos (el tipo de respiración o reproducción), y por último sugieren, en base a los rasgos observables identificados, cómo podría ser la alimentación (carnívoro) y el modo de vida (nocturna) del Pokémon.

Tabla 2. Categorías y resultados obtenidos en las actividades 3 (Proyecto Pokédex) y 4 (prueba de evaluación) (n=31).

CATEGORÍA	Proyecto Pokédex	Prueba de evaluación
Clasifica discriminando rasgos OBSERVABLES.	13	1
Clasifica discriminando rasgos OBSERVABLES y NO OBSERVABLES.	12	26
Clasifica discriminando rasgos OBSERVABLES y los RELACIONA con el medio.	2	0
Clasifica discriminando rasgos OBSERVABLES y NO OBSERVABLES y los RELACIONA con el medio.	4	4

En cuanto a la prueba de evaluación (Tabla 2), todos los participantes incluyeron a su organismo Pokémon en uno de los cinco grupos de vertebrados, además podemos observar cómo sólo un estudiante clasificó su organismo problema en base únicamente a rasgos observables. Del resto de estudiantes, 26 lo clasificaron teniendo en cuenta tanto rasgos observables en la ilustración como rasgos deducidos, pero imposibles de identificar en los dibujos. Por último, hubo cuatro estudiantes que fueron capaces de identificar rasgos observables y no observables y relacionarlos, además, con otros aspectos de la vida o el hábitat del organismo de ficción que analizaban.

A continuación, se muestran algunos ejemplos de desempeño de los estudiantes en la prueba de evaluación. Ante la figura 3F, una estudiante describió: *“Es un reptil porque tiene escamas, tiene patas y no tiene branquias. Dentro de este grupo existen rasgos que no se ven, como puede ser que son ovíparos (ponen los huevos en tierra) y son ectotermos.”* En este caso, se observa cómo la estudiante identifica claramente el grupo al que pertenece el organismo a través de rasgos observables, y después deduce otros no observables. Sin embargo, no llega a incluirlo en ningún subgrupo dentro de los reptiles, como sí ocurre para este mismo organismo problema en otro estudiante, donde describe al organismo de la siguiente forma *“Es un quelonio, reptil. Lo sé porque solo los quelonios tienen caparazón. También porque tiene escamas. Son ovíparos y tienen fecundación interna. Son un poco lentos.”*

Esta respuesta destaca porque una vez definido como reptil en base a rasgos observables y no observables, el estudiante decide incluirlo dentro del grupo de los quelonios por poseer caparazón. En principio, parece que el organismo a analizar no tiene caparazón, pero al presentar en el lomo una estructura llamativa, podría interpretarse como un caparazón. Ante esta situación, y teniendo en cuenta que argumenta adecuadamente su decisión, consideramos que su respuesta no es un error, en lugar de eso, pensamos que el alumno da un paso más, que la estudiante anterior, llegando a clasificarlo en un subgrupo concreto, identificándolo por la característica que define al subgrupo.

Un tercer alumno siguió un razonamiento parecido: *“El animal es un reptil, lo sé porque tiene unas características. Tiene caparazón como un tipo de reptiles, que este tipo también son acuáticos, semiacuáticos y terrestres. Sé que son reptiles porque respiran por pulmones, tienen fecundación interna y presentan un huevo amniótico, suelen tener escamas (excepto algunas excepciones). Son ovíparos y tienen un esqueleto interno formado por huesos. Pertenecen al subgrupo de los quelonios (tortugas).”*. Un caso parecido de clasificación, considerando de nuevo que la estructura superior del animal es un caparazón.

Por último, un caso peculiar de deducción de rasgos no observables lo encontramos en la respuesta del siguiente estudiante: *“Es un reptil, lo sé porque tiene escamas y nariz, por lo que tiene pulmón. Se dividen en 4 grupos distintos, son ectotermos. El dibujo pertenece al grupo de los saurios.”* El alumno, a pesar de no recordar cómo se denomina esta estructura en los reptiles, grupo en que clasifica al organismo, sí que conecta el rasgo “nariz” con la presencia de pulmones y cómo ha de darse el intercambio gaseoso en estos organismos, llevándole a considerar a partir de un rasgo observable, un rasgo no observable como es el tipo de respiración.

Los resultados de las respuestas analizadas, nos llevan a considerar que esta secuencia de actividades, y en concreto el Proyecto Pokédex, favorecen que los estudiantes establezcan relaciones entre los rasgos observables que permiten categorizar a los vertebrados, favoreciendo la observación, la identificación y la interpretación de hechos y fenómenos naturales observables, destrezas científicas imprescindibles para la clasificación taxonómica (Doménech Casal 2014). Asimismo, demuestran que cuando los estudiantes relacionan estas características observables, pueden formular hipótesis, cuyas limitaciones promueven preguntas investigables, posibles respuestas e inferencias que se canalizan a través de la deducción de características no observables. Dando en conjunto una propuesta de resolución

del problema que promueve el desarrollo de destrezas científicas (Pro 2013) como el uso de pruebas o las ya citadas.

De hecho, el análisis de los resultados obtenidos en el Proyecto Pokédex (actividad 3) y la prueba de evaluación indican que se produce una mejora en el desempeño de los estudiantes, ya que los resultados de la tabla 2 muestran una mejora en las frecuencias de los indicadores de logro observadas en la evaluación final respecto de la actividad 3. Concretamente se observa cómo se incrementa el número de estudiantes capaces de clasificar el organismo problema en base a rasgos observables y no observables, frente a la reducción drástica de los que sólo usan rasgos observables. Este hecho demuestra que nuestra estrategia didáctica cubre una demanda requerida por múltiples autores que hace alusión a evitar una comprensión exclusivamente memorística que no hace capaces a los estudiantes de aplicar su conocimiento a situaciones problema (Collado *et al.* 2016) y promover construcciones de modelos de ser vivo en los que la imaginación tenga un papel importante, como ocurre en la práctica científica real (Gil Quílez *et al.* 2011).

A pesar de estos resultados positivos, que fundamentalmente aluden a los dos primeros indicadores de logro descritos en la metodología, también es necesario indicar que disminuye el número de estudiantes que proponen un hábitat para el organismo problema y describen adaptaciones al medio en base a rasgos observables y/o no observables. Esto demuestra que la mayoría de los estudiantes encuentran dificultades para establecer conexiones entre características, adaptaciones al medio y hábitat, algo muy trascendente en la comprensión de la biodiversidad desde el punto de vista de la evolución, como ya habían descrito diferentes autores (Chyleńska y Rybska 2018; Melero-Alcíbar y Gamarra 2016; Timmerman y Ostertag 2011), y en la que hay que seguir trabajando, ya que nuestro estudio, sólo pretendía abordar la clasificación taxonómica, y no demandó explícitamente, en las preguntas, la necesidad de relacionar características anatómicas con adaptaciones al medio.

Por otro lado, el análisis del interés de estas actividades en el alumnado mostró que les había resultado más fácil de comprenderlo mediante el uso del juego: *“Me han gustado mucho porque en vez de tener que estudiar y estudiar, hemos hecho juegos para aprender las cosas más fácilmente.”*. Además, destacan que se han utilizado metodologías diferentes a las habituales: *“Me gusta que las clases han sido muy diferentes.”*; como las clases magistrales: *“...ha sido divertido que no fueran todo clases teóricas.”*; y que se utilizasen otros recursos: *“Nos ponía documentales y aprendíamos de una forma más divertida.”*. Con todo ello, varios estudiantes consideran que se ha reducido la carga de trabajo fuera del aula: *“No he trabajado casi nada en casa, pero es verdad que hemos tenido que trabajar mucho en clase. Aun así, me gusta, porque tengo más tiempo libre por la tarde.”*; *“en casa solo he tenido que pasar a limpio y repasar.”*, *“Me ha encantado no tener que hacer deberes en casa.”*. En lo que respecta a la autopercepción de aprendizaje, 8 de los 31 dan respuestas similares a esta: *“Creo que he aprendido bastante y destacaría el apartado de los peces”*, y el resto (23) indican que han aprendido mucho y destacan también algún contenido especialmente relevante para ellos (*“He aprendido mucho, destacaría los reptiles.”*). Por lo que, todos consideran que han aprendido bastante o mucho. En cuanto al uso de un recurso de ciencia ficción como los Pokémon, sus respuestas sugieren que resultan atractivos y motivadores para ellos porque los conocen: *“He sacado mucha mejor nota que antes, porque me encantan los Pokémon.”*; *“Me ha gustado mucho porque los conozco desde mi infancia”*; y mencionan series y juegos como *“Pokémon XY”*, *“PokémonGO”*, o *“Juego a las cartas con mi hermano”*. Sin embargo, había estudiantes que no les gustaban, pero los conocían y no manifestaban problemas en utilizarlos: *“No me gustan mucho, pero son tan famosos que es difícil no conocerlos.”*, y otros sugerían más organismos de ficción para sustituir a los Pokémon, como los del universo J.K. Rowling: *“Molaría hacer algo parecido, pero con la película de Animales Fantásticos.”*, o Stranger Things: *“Usaría algo variado, como los demogorgons.”*.

Con todo esto, parece evidente que el recurso promueve mayor interés para participar en la resolución de los casos, ya que los conocimientos y destrezas que deben adquirir se les introducen a través de personajes próximos a ellos. Esto, también, se puede deber a que, al no haber una solución única, oficial y académica, los estudiantes se sienten partícipes en la obtención de la respuesta, a través de la elaboración de sus propuestas, apoyadas en sus observaciones. Tanto es así, que comienzan a ver que sus conocimientos teóricos del aula tienen conexión con su mundo de ficción próximo y sugieren incluso realizar estos trabajos con criaturas de otros universos cinematográficos. Este grado de satisfacción y el interés por participar son muy frecuentes cuando se valora la aplicación de las actividades de ciencia ficción en aulas (Pérez Martín y Bravo Torija 2017).

Conclusiones

Tras analizar los resultados obtenidos en el trabajo, consideramos que el uso de personajes de ciencia ficción, en este caso Pokémon, para trabajar la identificación y clasificación de vertebrados favorece que los alumnos puedan establecer puentes entre lo conocido, en este caso el universo Pokémon, muy cercano a ellos, y contenidos más alejados de su realidad como el conocimiento acerca de los rasgos observables y no observables que definen a los distintos grupos de vertebrados. Por lo tanto, consideramos que, ante la necesidad de interpretar situaciones no cotidianas, la ciencia ficción permite aplicar y hacer más próximos los aprendizajes y relacionar conceptos y conocimientos adquiridos a lo largo del tiempo y en contextos distintos.

Los resultados encontrados sobre el grado de satisfacción y la autopercepción del aprendizaje, también nos sugieren que el uso de la ciencia ficción favorece una aplicación de la ciencia próxima a los estudiantes (Pérez Martín y Bravo Torija 2017). Esta exigencia por argumentar en este trabajo ha favorecido, como muestran las respuestas de los estudiantes, que los alumnos hayan podido relacionar información teórica no solo de otras actividades de la secuencia, sino también de unidades didácticas anteriores, como los invertebrados, y aplicarlas en la actividad que están realizando. Además de estas cuestiones de rendimiento académico presentadas, es evidente que los estudiantes consideran haber aprendido en un contexto atractivo que despierta su interés y con una percepción menor de su carga de trabajo y esfuerzo personal, gracias al diseño del Proyecto Pokédex. Tomando los resultados en su conjunto, se pone de relieve la gran utilidad que tienen los personajes Pokémon como recurso didáctico en múltiples ámbitos de conocimiento (Gender 2016; Glossop, Jinks y Hopton 2010).

Con todo ello, y recordando que este trabajo se trata de un estudio piloto, nuestros resultados sugieren que algunas modificaciones concretas pueden potenciar la adquisición de otros aspectos relevantes, que no estaban entre los objetivos del estudio, como son: la mejora de la comprensión de la asociación entre rasgos anatómicos, adaptaciones al medio y evolución. Asimismo, también se podrían incorporar otros organismos de ficción que pudieran favorecer la aplicación de estas mismas estrategias de aprendizaje para otros grupos taxonómicos como los invertebrados, o para trabajar otras funciones biológicas como la reproducción.

Agradecimientos

Este trabajo se enmarca en los proyectos de investigación I+D+i PGC2018-096581-B-C22 (BBT) y EDU2017-82688-P (JMPM) y se encuadra en la investigación que desarrollan BBT y JMPM en el marco de la Cátedra UNESCO en Educación para la Justicia Social en la UAM.

Referencias

- Abril Gallego, A.M., Muela, F.J. (2015). Significados sobre genética transmitidos por el cine y la educación formal. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales* 29, 195-214.
- Bardin (1996). El análisis del contenido. 2ª edición. Madrid: Akal
- Bermudez, G., De Longhi, A., Díaz, S., Gavidia, V. (2014). La transposición del concepto de diversidad biológica. Un estudio sobre los libros de texto de la educación secundaria española. *Enseñanza de las Ciencias* 32 (3), 285-302.
- Bernat, F.J.M., Gómez, J.G. (2009). Análisis del tratamiento didáctico de la biodiversidad en los libros de texto de Biología y Geología en Secundaria. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales* 23, 109-122.
- Borrás Quirós, B. (2016). El cine de ciencia ficción como recurso didáctico y su aplicación en Biología y Geología durante la Educación Secundaria Obligatoria. *Didácticas Específicas* 14, 144-150.
- Carmen, L.M., Jiménez Aleixandre, M.P. (2010). Los libros de texto: un recurso flexible. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales* 17 (66), 48-55.
- Carretero-Gómez, M.B. (2008). El viaje a la lectura con Julio Verne. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 5 (3), 302-313.
- Chyleńska, Z.A., Rybska, E. (2018). Understanding Students Ideas about Animal Classification. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education* 14(6), 2145-2155.
- Collado, F., Collado, M., Domènech Casal, J. (2016). WunderKammer Project: Un museo virtual para aprender a clasificar los seres vivos. *Alambique: Didáctica de las Ciencias Experimentales* 86, 55-62.
- Dinghi, P.A., Guzmán, N.V., Monti, D.S. (2020). Jugando con Dragones: Una experiencia lúdica como introducción a los conceptos filogenéticos en la enseñanza de la biodiversidad. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 17 (1), 1201-1216.
- Domènech Casal, J. (2014). Una secuencia didáctica en contexto sobre evolución, taxonomía y estratigrafía basada en la indagación y la comunicación científica. *Alambique: Didáctica de las Ciencias Experimentales* 78, 51-59.
- Dou, R., Hazari, Z., Dabney, K., Sonnert, G., Sadler, P. (2019). Early informal STEM experiences and STEM identity: The importance of talking science. *Science Education* 103 (3), 623-637.
- Ganea, P.A., Canfield, C.F., Simons-Ghafari, K., Chou, T. (2014). Do cavies talk? The effect of anthropomorphic picture books on children's knowledge about animals. *Frontiers in Psychology* 5, 283.
- Gendler, M.A. (2016). Pokémon GO: Realidad aumentada, nostalgia, novedad y control. En IX Jornadas de Sociología de la UNLP 5 al 7 de diciembre de 2016 Ensenada, Argentina. Universidad Nacional de La Plata. Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación. Departamento de Sociología. Recuperado de: <https://bit.ly/3fWYzOQ>
- Gendron, R.P. (2000). The Classification & Evolution of Caminalcules. *The American Biology Teacher* 62 (8), 570-576.

- Gil Quílez, M.J., Gándara Gómez, M.D.L., Dies Álvarez, M.E., Martínez Peña, B. (2011). Animales extraordinarios: la construcción y uso de modelos en la Escuela Primaria. *Revista Investigación en la Escuela* 74, 89-100.
- Glossop, T., Jinks, S., Hopton, R. (2010). Can an Onix evolve into a Steelix? *Physics Special Topics*, 9 (1).
- González García, F. G., Salinas Hernández, I.S. (2004). Conocimientos y concepciones sobre biodiversidad en alumnos de educación secundaria. *Revista de Educación de la Universidad de Granada* 17, 177-188.
- Grilli, J. (2016). Cine de ciencia ficción y enseñanza de las ciencias. Dos escuelas paralelas que deben encontrarse en las aulas. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 13 (1), 137-148.
- Martínez Losada, C., García Barros, S., Garrido, M. (2014). How children characterise living beings and the activities in which they engage. *Journal of Biological Education* 48 (4), 201-210.
- MECD. (2015). REAL DECRETO 1105/2014, de 26 de diciembre, por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato. *Boletín Oficial del Estado* 3: 169-546. (España).
- Melero-Alcíbar, R., Gamarra, P. (2016). Concepciones previas de futuros docentes sobre categorización animal: animales acuáticos. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias* 15 (2), 240-257.
- Occelli, M., Valeiras, N. (2013). Los libros de texto de ciencias como objeto de investigación: una revisión bibliográfica. *Enseñanza de las Ciencias* 31 (2), 133-152.
- Palacios, S.L. (2007). El cine y la literatura de ciencia ficción como herramientas didácticas en la enseñanza de la física: una experiencia en el aula. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 4 (1), 106-122.
- Pérez Martín, J.M., Bravo Torija, B. (2017). Personajes de ciencia ficción. Fantásticos protagonistas en la alfabetización científica de maestros y maestras. *Enseñanza de las Ciencias* N° Extraordinario, 767-771.
- Petit M.F., Solbes J. (2016) El cine de ciencia ficción en las clases de ciencias de enseñanza secundaria (II). Análisis de películas. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 13 (1), 176-191.
- Petit M.F., Solbes J. (2015) El cine de ciencia ficción en las clases de ciencias de enseñanza secundaria (I). Propuesta didáctica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 12 (2), 311-327.
- Petit, M.F., Solbes, J. (2012). La ciencia ficción y la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias* 30 (2), 55-72
- Pro, A. (2013). Enseñar procedimientos: por qué y para qué. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales* 73, 69-76.
- Rodríguez, F., de las Heras, M.A., Romero R., Cañal, P. (2014). El conocimiento escolar sobre los animales y las plantas en primaria: Un análisis del contenido específico en los libros de texto. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias* 13 (1), 97-114.
- Sierra Cuartas, S.J.C.E. (2007). Fortalezas epistemológicas y axiológicas de la ciencia ficción: un potosí pedagógico mal aprovechado en la enseñanza y divulgación de las ciencias. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 4 (1), 87-105.

Timmerman, N., Ostertag, J. (2011). Too many monkeys jumping in their heads: Animal lessons within young children's media. *Canadian Journal of Environmental Education* 16, 59–75.