



Analogías propuestas por futuros maestros para la enseñanza de Biología: implicaciones en la formación inicial

José María Marcos-Merino, Rocío Esteban Gallego y Jesús A. G. Ochoa de Alda

Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales y Matemáticas, Universidad de Extremadura, Badajoz-Cáceres, España.

[Recibido el 24 de junio de 2020, aceptado el 21 de diciembre de 2021]

Las analogías son potentes recursos que favorecen el aprendizaje activo. Sin embargo, la investigación en didáctica de las ciencias ha mostrado que la mayoría de los docentes en activo emplea pocas analogías o analogías inconsistentes. Este hecho podría tener su origen durante la formación de maestros, aunque es una línea de investigación aún por explorar. En este trabajo se presenta un estudio exploratorio en el que se analizan las analogías diseñadas por 231 maestros en formación, para una serie de contenidos biológicos impartidos a lo largo de Educación Primaria. La mayoría de los participantes no son capaces de plantear análogos apropiados, sobre todo para los blancos más abstractos como célula, respuesta inmune o impulso nervioso. Asimismo, se detecta confusión de las analogías con los ejemplos y las experiencias prácticas. En base a estos resultados, se concluye que la formación inicial proporcionada a los participantes no es suficiente para implementar analogías como recurso didáctico en Biología.

Palabras clave: analogías; maestros en formación; biología; aprendizaje activo.

Pre-service teacher-generated analogies for biology concepts: implications for teacher training

Analogies are an effective strategy for active learning. Nevertheless, research in science education shows that most teachers use analogies on an irregular or inconsistent basis, possibly owing to a lack of targeted training at the pre-service level. This article presents an exploratory study of this overlooked line of research, based on an analysis of the analogies proposed by 231 pre-service primary teachers for a selection of biology concepts taught at different stages of the primary school curriculum. The results showed that most of the participants were unable to formulate appropriate analogies, especially for more abstract concepts, such as cells, immune response or nerve impulse transmission. The study also observed a tendency to mix analogies with examples and practical experiences. The findings indicate that primary education students are insufficiently prepared by their teacher training to use analogies as a teaching and learning strategy for the biology curriculum.

Keywords: analogies; pre-service primary teachers; biology; active learning.

Para citar el artículo. Marcos-Merino, J. M., Esteban, R. y Ochoa de Alda, J. A. G. (2021). Analogías propuestas por futuros maestros para la enseñanza de Biología: implicaciones en la formación inicial. *Ápice. Revista de Educación Científica*, 5(1), 73-86. DOI: <https://doi.org/10.17979/arec.2021.5.1.6675>

Contacto. jmmarcos@unex.es; rociosteban@unex.es; ochoadealda@unex.es

Introducción

Las analogías, comparaciones entre dominios de conocimiento que mantienen una relación de semejanza entre sí, constituyen un importante recurso en la enseñanza de las ciencias (Coll, 2015). Su implementación ayuda a entender los fenómenos naturales mediante la comparación de un concepto científico (diana o blanco) con un objeto o evento familiar (análogo), que es mejor conocido y comprendido por el alumnado (Dagher, 1995; Duit, 1991; Jonane, 2015; Oliva, Aragón, Mateo y Bonat, 2001). El pensamiento analógico es una práctica metacognitiva que puede promover el aprendizaje conceptual flexible (Richland y Simms, 2015). Por tanto, su implementación en la enseñanza de las ciencias puede propiciar la comprensión de los conceptos científicos, mayoritariamente abstractos, haciendo que la información nueva sea más concreta y fácil de imaginar y recordar (Abusson, Harrison y Ritchie, 2005; Duit, 1991). Esta utilidad de las analogías ha hecho que se presenten como recursos didácticos importantes en el desempeño docente (Abusson *et al.*, 2005, p.8):

“Las analogías ofrecen un modo de pensamiento diferente con el que reforzar la enseñanza de las ciencias, la formación del profesorado y su desempeño profesional”

Implementación de las analogías en la enseñanza de las ciencias: papel del docente

La efectividad de las analogías, en el proceso de enseñanza-aprendizaje, depende tanto de las características del análogo empleado como de la metodología seguida en su implementación (Oliva *et al.*, 2001). En cuanto a la primera variable, de acuerdo con estos y otros autores (Dagher, 1995; Duit, 1991; Glynn 2008; Orgill y Bodner, 2004), el análogo utilizado debe:

- Ser más accesible que el blanco y referirse a una situación cotidiana, debido a que la referencia a temas familiares ayuda a dividir los conceptos diana en unidades comprensibles para los estudiantes.
- Ser concreto, ya que los análogos imprecisos o abstractos generan malinterpretaciones.
- Poderse representar a través de una imagen o de algo tangible. El escaso uso de imágenes es, dado el papel de estas en el mapeo de las semejanzas entre blanco y análogo, una de las principales inconsistencias de muchas analogías.
- No estar relacionado con concepciones alternativas o actitudes negativas hacia el blanco, a fin de evitar su transferencia y dispersión a través de su implementación.
- Tener una semejanza con el blanco que no sea ni demasiado grande (no resulta estimulante) ni demasiado pequeña (puede generar dificultades a la hora de encontrar las similitudes entre ambos).

El grado de semejanza entre el análogo y el blanco determina la relación entre ambos (Oliva, Aragón y Jiménez, 2015; Jonane, 2015), y puede ser:

- Superficial: Aquellas en las que el blanco y el análogo son próximos en apariencia física y con similitudes entre características aisladas de ambos (color, forma, tamaño...). Para muchos autores estas comparaciones, al igual que las comparaciones literales, no son verdaderas analogías (Jonane, 2015).
- Estructural: Aquellas en las que el blanco y el análogo son próximos en apariencia física y las semejanzas se deben a paralelismos entre pares de elementos de ambos, como proporción de tamaños, interacciones entre elementos o distribución espacial de sus partes.

- Funcional: Aquellas en las que la similitud se debe a la forma de funcionar, operar o comportarse de ambos. Estas semejanzas son las que permiten desarrollar las analogías de mayor nivel de progresión.

La segunda variable, que determina la eficacia de las analogías, es cómo se implementan en el aula. La investigación indica que las analogías suelen diseñarse mayoritariamente como productos acabados que el alumnado debe asimilar en la dirección pretendida por el docente; implementándose principalmente mediante metodologías de transmisión-recepción (Oliva *et al.*, 2001). Las analogías, así implementadas, han resultado ineficaces (Richland y Simms, 2015). Como alternativa, se ha propuesto el modelo “*Teaching with analogies*” (TWA, Enseñanza con analogías) (Glynn, 2008). Según este modelo, las etapas a seguir para enseñar ciencias mediante analogías son: i) presentar el concepto científico a aprender; ii) mostrar la situación análoga; iii) identificar las características relevantes de la diana y del análogo; iv) trazar las similitudes entre ambos, realizando extrapolaciones correctas basadas en la comprensión del dominio familiar; v) indicar dónde se rompe la analogía, determinando sus limitaciones o diferencias entre el blanco y el análogo; y vi) concluir sobre el concepto científico. Otro aspecto que influye en la efectividad de las analogías es el papel otorgado por el docente a los alumnos durante su implementación, que debe ser activo (Oliva *et al.*, 2001). Por consiguiente, durante las actividades basadas en analogías, los docentes deben actuar como guías (Dagher, 1995), orientando los procesos de interpretación y construcción de las mismas, así como realizando una evaluación continua de la comprensión y el aprendizaje de sus alumnos (Oliva *et al.*, 2001). De este modo, cuando una analogía es apropiada (emplea análogos concretos, familiares para los alumnos y sin concepciones alternativas) y se implementa según el modelo constructivista, puede fomentar el aprendizaje activo de las ciencias (Glynn, 2008).

Uso de analogías en la enseñanza de las ciencias por los docentes en activo y en formación

A pesar de que las analogías pueden ser una buena herramienta didáctica, la investigación educativa ha revelado una escasa implementación correcta de las mismas. La mayoría de los docentes, durante su ejercicio profesional, usa pocas analogías, emplea análogos muy simples con los que aborda características superficiales de los blancos, confunde analogías con ejemplos o plantea analogías con errores conceptuales (Glynn, 2008; Mastrilli, 1997; Ordoñez, Cardona, Daza, Rodas y Ruiz, 2013; Treagust, Duit, Joslin y Lindauer, 1992). Esta dificultad para desarrollar e implementar analogías es reconocida por los propios docentes (Rubio, Sánchez y Valcárcel, 2018).

En relación a los docentes en formación, existen pocos estudios que analicen las analogías diseñadas por estos, constituyendo una línea de investigación aún por explorar en profundidad (Mastrilli, 1997; Yerrick, Doster, Nugent, Parke y Crawley, 2003). No obstante, se ha descrito que los docentes de Educación Primaria en formación inicial desarrollan analogías relacionadas con ideas alternativas para la enseñanza de conceptos de algunas áreas como Biología Vegetal (Davis y Petish, 2005) y Física y Química (Nottis y McFarland, 2001). En relación a esta última materia, para los futuros maestros es complejo desarrollar análogos de los conceptos diana más abstractos, así como poner de manifiesto las diferencias análogo-diana. En concordancia con estos resultados, Baysen y Baysen (2013) y Yerrick *et al.* (2003) han puesto de manifiesto que los futuros docentes de otras etapas educativas (Educación Infantil y Educación Secundaria) describen análogos relacionados con ideas alternativas para la enseñanza de Física y Geología. Además, en el caso de los profesores de Educación Secundaria en formación, se ha comprobado que estos generalizan en exceso al presentar analogías, resaltando características secundarias o poco relevantes de

los conceptos diana. Asimismo, diseñan analogías personales poco relacionadas con los contextos de sus potenciales alumnos (Yerrick *et al.*, 2003). En relación a su implementación, Kim, Kim y Noh (2018) han mostrado que los docentes en formación presentan las analogías mayoritariamente al principio o al final de la sesión como un accesorio, más que como un recurso para la enseñanza de los blancos; y lo hacen mediante enfoques transmisivos centrados en el profesor.

Diseño de la investigación

Problema de investigación

En la presente contribución se realiza un estudio exploratorio, con maestros en formación inicial, en el que se analizan las analogías diseñadas por estos estudiantes para la enseñanza de diversos contenidos biológicos impartidos a lo largo de la etapa de Educación Primaria. El objetivo de este estudio es determinar si la formación inicial proporcionada a estos les capacita en el diseño de analogías para la enseñanza de Biología en su futuro desempeño profesional.

Muestra

La muestra está formada por 231 maestros en formación inicial (21 años de media, 64,5 % de mujeres), estudiantes del Grado en Educación Primaria en la Universidad de Extremadura. Dichos participantes pertenecen a varios grupos que, durante dos cursos académicos consecutivos (2017-2018 y 2018-2019), cursaban la asignatura “Didáctica del medio físico y los seres vivos”, impartida durante el sexto semestre. Esta es la única asignatura del Grado en la que los alumnos son instruidos en el diseño e implantación de analogías como recurso didáctico en la enseñanza de Biología (la investigación se lleva a cabo después de que los participantes reciban esta formación). El acceso a los estudios universitarios de estos fue mediante Bachillerato de Ciencias Sociales (66,6 %), Ciencias (20,6 %), Artes (2,5 %) y a través de Formación Profesional (10,3 %).

Estos estudiantes fueron informados de los objetivos de la investigación y del carácter voluntario y anónimo de su participación. La muestra no es aleatoria, ya que se han elegido los representantes de la población de futuros maestros a los que se ha tenido acceso. Por tanto, los resultados no son extrapolables más allá del contexto local que representan: una muestra diversa de maestros en formación de Extremadura.

Procedimiento e instrumento

Los participantes asistieron a una sesión práctica de la asignatura en la que se trabajan las analogías como recurso didáctico. En la primera parte de la sesión, se aborda el concepto de analogía, las características necesarias para que sea funcional en la enseñanza de las ciencias y su valor didáctico. Esto se realiza mediante una lectura, un debate guiado por el docente y el análisis de la analogía entre el átomo (diana) y el sistema solar (análogo). Posteriormente, los participantes responden a un cuestionario anónimo de preguntas abiertas en el que proponen analogías para varios contenidos de Biología impartidos en Educación Primaria. En la segunda parte de la sesión, se emplean una serie de analogías entre la evolución biológica y la evolución del lenguaje para enseñar conceptos básicos de Biología Evolutiva (Esteban *et al.*, 2017).

El cuestionario utilizado como instrumento plantea la siguiente situación: “Imagina que eres el profesor de una asignatura de ciencias en uno o varios cursos de Educación Primaria. ¿Qué analogías emplearías para abordar los siguientes conceptos de Biología?”. Tras esto, se presenta un listado de contenidos de Biología impartidos en la asignatura de Ciencias

de la Naturaleza a lo largo de la etapa de Educación Primaria: sonidos animales (croar y balar), piara, aletas (como órgano de locomoción de los peces), funcionamiento del riñón, funcionamiento del corazón, función de los tubérculos, respuesta inmune, célula y transmisión del impulso nervioso. Estos contenidos biológicos han sido seleccionados debido a que: i) se imparten en los distintos cursos de Educación Primaria, forman parte de los bloques 2 “El ser humano y la salud” y 3 “Los seres vivos” del currículo de Educación Primaria (Real Decreto 126/2014, de 28 de febrero, por el que se establece el currículo básico de Educación Primaria); y ii) se han descrito, en un estudio prospectivo previo, una serie de analogías para su enseñanza (Marcos-Merino, 2020). Los contenidos de Biología seleccionados se presentan a los participantes de menor a mayor orden de complejidad (y, por tanto, impartidos desde el primer al sexto curso de Educación Primaria). El tiempo medio empleado para cumplimentar este cuestionario osciló entre los 20 y los 30 minutos.

Análisis de datos

Las propuestas de análogos, planteadas por la muestra, se analizan mediante una metodología cualitativa, en la que se emplea una modificación de las categorías seguidas por Ordoñez *et al.* (2013). Estos autores clasifican las analogías propuestas por profesores de Educación Secundaria en ejercicio sobre la estructura de la materia en dos categorías: analogías propuestas y ausencia de analogías. En la presente investigación, la categoría análogos propuestos se divide en análogos apropiados y análogos inapropiados. De este modo, las propuestas de los participantes se clasifican en 3 categorías:

- Análogos apropiados: Propuestas en las que se menciona un análogo del que se especifican atributos que presentan un determinado grado de semejanza (superficial, estructural o funcional) con algunas de las características del blanco. Además, para ser considerados como adecuados, los análogos deben: i) ser concretos; ii) ser más accesibles que el blanco (familiares para un alumno de Educación Primaria y relacionados con su vida cotidiana); y iii) no presentar concepciones alternativas o actitudes negativas hacia el blanco (Dagher, 1995; Duit, 1991; Glynn, 2008; Oliva *et al.*, 2001; Orgill y Bodner, 2004).
- Análogos inapropiados: Propuestas que no cumplen con alguno de los criterios anteriormente descritos (aunque presenten el resto de características se categorizan como inapropiadas si incumplen alguna de ellas). Por tanto, en estas propuestas se exponen análogos que cumplen alguna de estas premisas: i) no presentan características similares a la diana; ii) son imprecisos o poco accesibles para el alumnado de Educación Primaria; y iii) presentan ideas alternativas o actitudes negativas. También se categorizan como propuestas inadecuadas aquellas que no emplean una analogía sino otro recurso didáctico basado en la comparación (metáforas, símiles o ejemplos).
- Ausencia de análogos: Propuestas en las que los participantes no son capaces de desarrollar, concretar o mencionar ningún análogo.

Las propuestas de los participantes fueron analizadas por tres profesores universitarios (Universidad de Extremadura), biólogos y con experiencia docente e investigadora en el área de Didáctica de las Ciencias Experimentales, quienes decidieron, por consenso, su inclusión en cada categoría.

Resultados

Los participantes proponen análogos apropiados, análogos inapropiados y ausencia de análogos en diferente proporción para cada uno de los conceptos de Biología seleccionados (Figura 1).

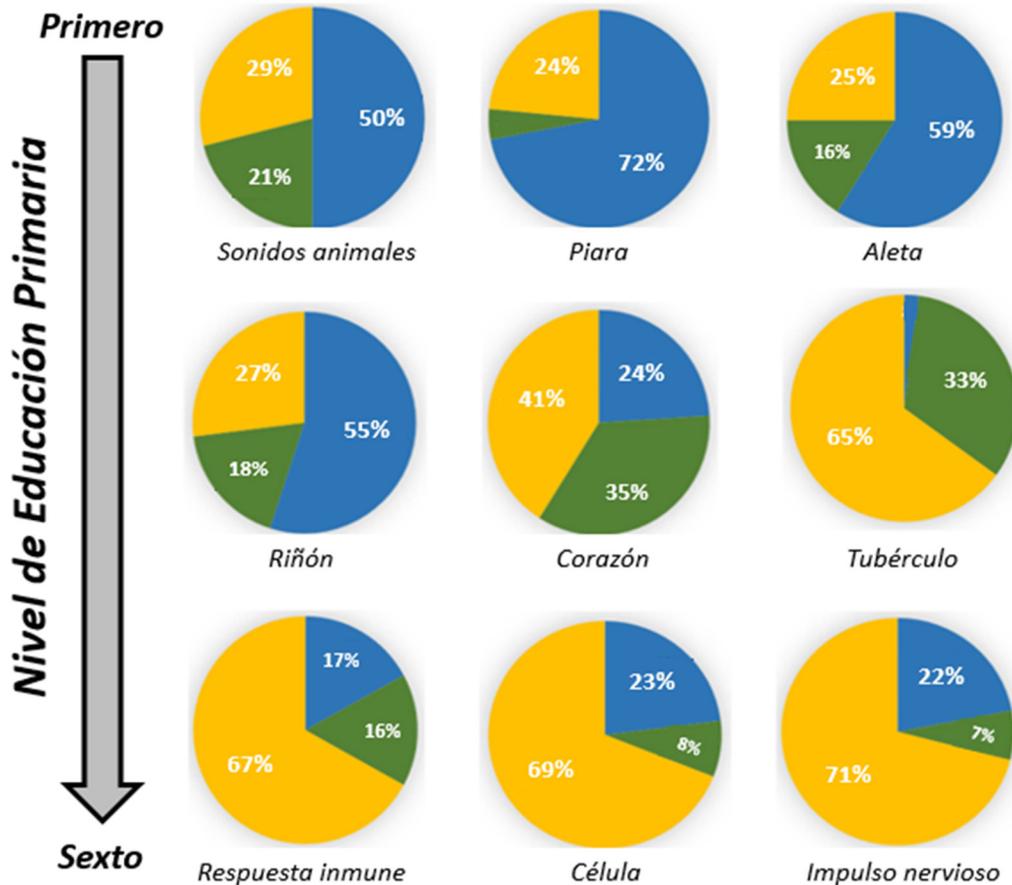


Figura 1. Porcentaje de análogos apropiados (azul), inapropiados (verde) o ausencia de análogos (amarillo) propuestos por los participantes. Solo se muestran los porcentajes superiores al 5%. Los conceptos diana están ordenados de menor a mayor complejidad, en relación al alumnado de Educación Primaria, desde la parte superior a la inferior.

Analogías propuestas para los sonidos animales (balar, croar...)

La mitad de la muestra propone análogos apropiados para explicar los sonidos de las ranas y de las ovejas como mecanismo de comunicación; empleando para ello sonidos de otros animales conocidos por alumnos de los primeros cursos de Educación Primaria, como las personas hablan, los perros ladran, los gatos maúllan, los pájaros pían o los leones rugen. Se tratan, por tanto, de semejanzas de tipo superficial. El resto de los participantes no propone ningún análogo para abordar los sonidos animales (29 %) o describe análogos inapropiados (21 %), como por ejemplo, sonidos de objetos cotidianos (el claxon de un coche, instrumentos o distintos tipos de música) que no son mecanismos de comunicación.

Analogías propuestas para piara

El 72 % de los participantes describe análogos apropiados para piara, como diferentes conjuntos de personas y/o animales que son familiares para alumnos de los primeros cursos de Educación Primaria (familia, pandilla, grupo-clase, equipo de fútbol, coro, rebaño, banco de peces, manada de lobos, bandada de pájaros, colmena o panal de abejas). Estas propuestas se corresponden con semejanzas de tipo superficial. El 23,5 % de la muestra no propone ningún análogo con el que abordar este concepto y el 4,5 % describe propuestas inapropiadas. Dentro de estas, la mayoría se caracteriza por definir el concepto de piara (presentan a un conjunto de cerdos como una analogía de piara).

Analogías propuestas para las aletas como órganos de locomoción de los peces

El 59 % de la muestra propone análogos apropiados para la estructura y la función de las aletas en la locomoción de los peces (movimiento que desplaza al agua y mueve al pez). En estas propuestas apropiadas prevalecen las extremidades humanas (y en menor medida de otros animales terrestres), las velas y/o los remos de los barcos, las alas de los pájaros y las aletas para bucear. Son semejanzas de tipo superficial y estructural. Un 25 % de los participantes no propone ningún análogo y un 16 % describe análogos inapropiados, por ejemplo, proponen figuras geométricas similares a las aletas (mayoritariamente triángulos o trapecios) o los rabos de los perros (describiendo a las aletas como apéndices sin papel en la locomoción).

Analogías propuestas para el funcionamiento del riñón

Un 55 % de los participantes describe análogos apropiados para la filtración de la sangre realizada en los riñones. Dentro de estos predomina la propuesta de: i) filtros y coladores, relacionándolos con situaciones y objetos cotidianos para alumnos de Educación Primaria, por ejemplo, con escurrir pasta o filtrar el agua de peceras y piscinas, y ii) depuradoras en las que se limpia el agua al igual que la sangre en los riñones. Son semejanzas de tipo funcional. El 27 % de la muestra no propone ningún análogo para este concepto y el 18 % describe análogos inapropiados. Dentro de estas propuestas las más habituales son las que:

- Presentan una alubia como análogo de la forma del riñón, sin aludir al funcionamiento del mismo, razón por la que se categorizan como inadecuadas.
- Describen experiencias prácticas, para realizar con los alumnos de Educación Primaria, con las que demostrar la filtración como método de separación de mezclas (mayoritariamente con una mezcla de agua, arena y piedras).
- Proponen embudos, tuberías y desagües como análogos del riñón, explicitando que en estos objetos circulan y se almacenan líquidos, al igual que por el riñón circula y se almacena orina. Esto refleja una confusión de las funciones de los riñones con las de la vejiga y otras vías urinarias.

Analogías propuestas para el funcionamiento del corazón

El 24% de los participantes propone algún análogo apropiado para el bombeo de sangre realizado por el corazón. Todas estas propuestas describen bombas de aire o de agua relacionándolas con eventos de la vida cotidiana de alumnos de Educación Primaria, mayoritariamente con inflar una pelota o las ruedas de una bicicleta. De acuerdo con estos participantes, el bombeo de agua o aire de estas bombas es semejante al bombeo de sangre realizado por el corazón (semejanza de tipo funcional). El resto de la muestra no describe ningún análogo para este concepto (41 %) o propone análogos inapropiados (35 %). En estas últimas propuestas predominan aquellas que describen una presa, que almacena agua al igual que el corazón almacena sangre; un reloj, por la semejanza del sonido de los latidos, y una experiencia práctica para mostrar el bombeo a alumnos de Educación Primaria (en concreto coger y expulsar agua u otros líquidos con una pajita).

Analogías propuestas para la función de los tubérculos

Solo el 2 % de la muestra propone algún análogo apropiado para tubérculo como órgano de reserva vegetal. Dentro de estas propuestas prevalecen las que describen el tejido graso de los seres humanos y su función de reserva energética; así como las que proponen despensas, congeladores o frigoríficos como almacenes de comida. Son semejanzas de tipo funcional. La mayoría de los futuros maestros (65 %) no propone ningún análogo para este concepto y el 33 % describe análogos inapropiados, como por ejemplo:

- Proponen ejemplos de tubérculos, mayoritariamente la patata.
- Presentan definiciones de tubérculo. En este caso, la mayoría de las propuestas presentan errores conceptuales, puesto que definen los tubérculos como raíces con una función estructural.

Analogías propuestas para respuesta inmune

El 17 % de los participantes propone análogos apropiados sobre la respuesta inmune como mecanismo de defensa de los seres humanos. La mayoría de estos describen a la policía o al ejército, como análogos de los glóbulos blancos, que atacan a ladrones o al ejército enemigo, como análogos de los microorganismos patógenos. En menor medida, proponen como análogos a la defensa o al portero de un equipo de fútbol, que evitan que la pelota entre en la portería, al igual que los glóbulos blancos evitan la infección. Estas propuestas son semejanzas de tipo funcional. La mayoría de la muestra (67 %) no propone ningún análogo y el 16 % describe análogos inapropiados, predominando los que:

- Describen como análogos elementos estáticos (muralla, chaleco, armadura...) relacionándolos con barreras externas del cuerpo humano, como la piel.
- Se refieren a procesos o procedimientos con los que parar la hemorragia de una herida, postillas y tiritas respectivamente.
- Describen las vacunas como análogos de la respuesta inmune.

Analogías propuestas para célula

El 23 % de los participantes propone análogos apropiados para explicar la célula. El 46,9 % de estas propuestas se refieren a la estructura celular y describen las distintas partes de un huevo o de frutas con hueso (como melocotones, aguacates...) como análogos de la membrana plasmática, el citoplasma y el núcleo celular. Se trata de semejanzas de tipo estructural. El resto de los análogos apropiados (53,1 %) se basan en semejanzas de tipo funcional, que abordan el funcionamiento celular y el reparto de tareas en los distintos orgánulos. Para ello, presentan como análogos el reparto de tareas en una familia, ciudad, oficina, fábrica, colegio... La mayoría de los participantes (69 %) no describe ningún análogo para abordar este concepto y el 8 % propone análogos inapropiados, como por ejemplo:

- Presentan objetos cotidianos formados por varios elementos sin que: i) exista una relación clara con la estructura celular y ii) exista un reparto de funciones entre las distintas partes (pizza, sopa...).
- Ponen ejemplos de seres pluricelulares, mayoritariamente vegetales como el tomate, y explican que estos están formados por muchas células.

Analogías propuestas para impulso nervioso

El 22 % de la muestra propone análogos apropiados para la transmisión del impulso nervioso a través de las neuronas. La mayoría se basa en semejanzas de tipo estructural, que describen como análogos de este concepto a la transmisión de electricidad a través de cables. El resto de las propuestas correctas presentan como análogos a los servicios de mensajería, el efecto dominó y las carreras de relevos. En estas propuestas, basadas en semejanzas de tipo funcional, el paquete o testigo se transmiten de una persona a otra, al igual que el impulso nervioso de una neurona a la siguiente. La mayoría de los participantes (71 %) no propone ningún análogo para este concepto y el 7 % describe análogos inapropiados. Dentro de estos últimos prevalecen las propuestas que describen actos reflejos (mayoritariamente el reflejo rotuliano) como análogos del impulso nervioso.

Discusión

El análisis de las analogías, propuestas por los futuros maestros participantes, revela que para todos los conceptos presentados se propone algún análogo correcto (con atributos similares al blanco, concreto, cercano para el alumnado de Educación Primaria y sin ideas alternativas), aunque con porcentajes muy diferentes para los distintos conceptos diana (desde un 72 % para piara a un 2 % para tubérculo). Sin embargo, destacan los altos porcentajes correspondientes a análogos inapropiados y ausencia de análogos. De este modo, muchos de los participantes no plantean análogos para los blancos presentados (desde un 24 % para piara hasta un 71 % para impulso nervioso) o describen análogos inapropiados (poco similar al blanco, poco familiar y/o con ideas alternativas), desde un 4 % para piara hasta un 35 % para el funcionamiento del corazón. El porcentaje de análogos apropiados solo es mayor que la suma de las otras dos categorías en tres de los nueve blancos (piara, aleta y funcionamiento del riñón), mientras que en los sonidos de los animales es similar. Así, para cinco conceptos diana (funcionamiento del corazón, función de los tubérculos, respuesta inmune, célula e impulso nervioso) prevalecen los análogos inapropiados y la ausencia de propuestas.

El análisis de los errores detectados en las analogías diseñadas por la muestra refleja que estos son similares a los señalados por algunos trabajos previos que han revelado un uso incorrecto de analogías en ciencias por parte de futuros docentes de Educación Infantil (Baysen y Basyen, 2013), Primaria (Davis y Petish, 2005; Nottis y McFarland, 2001) y Secundaria (Yerrick *et al.*, 2003). Estas investigaciones previas han mostrado que los futuros docentes generalizan en exceso al presentar analogías y describen análogos poco apropiados (basados en sus experiencias personales y resaltando características secundarias del blanco), en ocasiones relacionados con ideas alternativas. Esta última circunstancia también se ha observado para los futuros maestros participantes (para los conceptos aleta, función del tubérculo, funcionamiento del corazón y del riñón o respuesta inmune), para los que se presentan propuestas que podrían contribuir a dispersar ideas alternativas. En otras de las propuestas categorizadas como inapropiadas, las analogías se confunden con otros recursos didácticos, como en el caso del concepto tubérculo en el que se aprecia que existe una confusión entre analogía y ejemplo. Este equívoco entre ambos conceptos ha sido descrito previamente por Treagust *et al.* (1992) para docentes en activo. También se observa que, para algunos blancos (funcionamiento del riñón y del corazón), los participantes proponen como analogías experiencias prácticas a realizar en el aula para demostrarlos. Asimismo, en algunos casos, proponen como análogos definiciones de los conceptos diana (piara o función tubérculo). Estas confusiones apoyan que existe una falta de comprensión del concepto de analogía en los futuros maestros participantes.

El análisis de los análogos propuestos, en función de la complejidad de los conceptos para alumnos de Educación Primaria, refleja que los participantes diseñan un mayor número de análogos apropiados para los conceptos científicos más simples e impartidos en los cursos inferiores de esta etapa (50 % para los sonidos animales, croar y balar, 59 % para el papel de las aletas en la locomoción de los peces y 72 % para piara). Para proponer estas analogías emplean semejanzas de tipo superficial y estructural. Mientras, para aquellos conceptos más complejos y abstractos, impartidos en cursos superiores de la etapa y que requieren plantear semejanzas de tipo funcional, destacan los altos porcentajes de ausencia de propuestas (67 % para respuesta inmune, 69 % para célula y 71 % para la transmisión del impulso nervioso) y los bajos porcentajes de análogos apropiados (17 %, 23 % y 22 %, respectivamente) (Figura 1). Esto concuerda con estudios previos que han revelado la dificultad de los futuros docentes para plantear análogos para los conceptos científicos más abstractos (Nottis y McFarland, 2001), aquellos en los que la implementación de las

analogías resulta más útil (Abusson *et al.*, 2005; Duit, 1991). Esta problemática también ha sido observada en docentes en activo, quienes emplean analogías para resaltar las características más superficiales de los conceptos diana en la enseñanza de la Biología (Mastrilli, 1997). Esta incapacidad de los participantes a la hora de desarrollar analogías podría estar relacionada con su nivel de formación científica previa, puesto que la mayoría de los participantes no estudió una modalidad de ciencias en Bachillerato. Para corroborar esta circunstancia, y como futura línea de investigación, podría ser interesante analizar las analogías diseñadas por muestras de futuros maestros para los contenidos de Biología propuestos (y/o para otros conceptos científicos) desagregando los datos en función de su Bachillerato de procedencia.

Los resultados de esta contribución revelan, en su conjunto, que los participantes presentan algunas deficiencias formativas en el diseño de analogías de Biología para Educación Primaria, especialmente para los contenidos más abstractos impartidos en los cursos superiores. Dado que los participantes no reciben más formación adicional sobre analogías en los estudios de Grado, estos resultados reflejan que la formación inicial recibida por los futuros maestros participantes no les proporciona las competencias necesarias para diseñar e implementar analogías como recurso didáctico en Biología, lo que debería tener algunas implicaciones en los programas de formación inicial de maestros.

Implicaciones en la formación inicial de maestros

La formación inicial de los futuros maestros requiere, de acuerdo con los resultados de este trabajo y de investigaciones previas sobre analogías, una mayor formación en analogías, la cual está condicionada por factores diversos como el conocimiento previo del alumnado, su conocimiento disciplinar y didáctico, o sus ideas alternativas. La actual formación disciplinar podría no ser suficiente para favorecer el desarrollo de analogías como recursos didácticos, debido a que se caracteriza por un conocimiento demasiado superficial de los contenidos científicos (Mastrilli, 1997; Nottis y McFarland, 2001). Uno de los factores que puede influir en esta falta de conocimiento científico es la formación previa de los estudiantes en Educación Secundaria, ya que la mayoría de los futuros maestros cursa modalidades no científicas en Bachillerato (en el caso concreto de esta investigación el 79,4 % de los estudiantes). Una buena formación en contenidos científicos es imprescindible para el diseño de analogías, que es un proceso complejo que requiere un conocimiento en detalle de las características del blanco para poder trazar sus semejanzas y diferencias con el análogo (Nottis y McFarland, 2001). Este proceso es más complejo, como muestran los resultados de esta investigación, cuanto más abstracto es el blanco.

Otro aspecto importante a considerar es la presencia de ideas alternativas, dada la relación de las analogías con su generación (Duit, 1991). En los programas de formación inicial se deben revisar las principales ideas alternativas y abordar su relación con las analogías diseñadas por los docentes en formación (Nottis y McFarland, 2001). En los análogos propuestos por los participantes se han detectado varias ideas alternativas, como considerar las aletas de los peces como apéndices sin función locomotora, los tubérculos como raíces a las que atribuyen funciones de tipo estructural, el corazón y los riñones como almacenes de sangre y orina, respetivamente, o confundir la respuesta a una hemorragia con la respuesta inmune. El tratamiento de estos conceptos erróneos resulta imprescindible para evitar que los maestros en formación generen, en su futura acción docente, analogías u otros recursos relacionados con ellos, perpetuando así los mismos. En este sentido, Mastrilli (1997) recomienda incluir en la formación inicial actividades basadas en el análisis de analogías incorrectas, con las que detectar aspectos inadecuados de determinados análogos, exhibiendo cómo estos pueden contribuir a generar ideas alternativas. Esto es

necesario, además, dado que estas ideas están presentes también en las analogías incluidas en los libros de texto (Körhasan y Hidir, 2019), uno de los principales recursos empleados por los docentes de Educación Primaria.

La inclusión de las analogías como recurso didáctico en la formación inicial requiere de varias etapas. En primer lugar, es preciso formar a los futuros maestros en: i) el significado de las analogías; y ii) su diferencia con otras herramientas basadas en la comparación (símbolos, metáforas y ejemplos); así como con otros recursos como los experimentos y experiencias prácticas (Oliva, 2008). Teniendo en cuenta los resultados de esta contribución, se debería profundizar especialmente en la diferencia de las analogías con las definiciones, los ejemplos y los trabajos prácticos. Asimismo, es necesario abordar las características de un buen análogo (relacionado con la vida diaria de sus futuros alumnos, concreto y sin relación con actitudes negativas e ideas alternativas) (Oliva *et al.*, 2001). En segundo lugar, es preciso abordar cómo implementar las analogías en consonancia con el planteamiento constructivista. En este sentido, se recomienda que en la formación inicial:

- Se presente la importancia de otorgar un papel activo al alumnado, en lugar de la transmisión-recepción de analogías elaboradas por el docente (Kim *et al.*, 2018; Oliva *et al.*, 2001). De este modo, es preciso que los futuros maestros sean capaces de diseñar actividades con las que trabajar las analogías (Oliva, 2008). El papel del docente en estas es actuar como guía (Dagher, 1995), dirigiendo la interpretación y el uso que hacen los alumnos de las analogías.
- Se ponga de manifiesto la importancia de trabajar las analogías colaborativamente (Dagher, 1995), puesto que de este modo se obtienen mejores resultados (Treagust *et al.*, 1992). En este sentido, se ha recomendado incluir en la formación inicial sesiones en las que trabajar, por grupos, la generación y el análisis crítico de analogías (Mastrilli, 1997). El procedimiento de análisis de análogos descrito en este trabajo podría servir como guía: siguiendo las pautas de análisis implementadas en esta investigación los docentes en formación podrían examinar las analogías diseñadas por sus compañeros a la vez que conocen las características que debe tener un buen análogo.
- Se instruya a los maestros en formación inicial en las distintas etapas del modelo TWA (Glynn, 2008) como mecanismo básico para implementar una analogía (Mastrilli, 1997). Estas etapas, de acuerdo con Treagust *et al.* (1992), pueden agruparse en tres procesos a la hora de su tratamiento con los docentes en formación, en lo que estos autores denominan la guía FAR (*Focus-Action-Reflection Guide*). En la primera etapa, el enfoque (*focus*), es necesario abordar las dificultades de aprendizaje más comunes del blanco, así como la necesidad de considerar los conocimientos previos en relación al blanco y al análogo, y evaluar el grado de familiaridad entre ambos. En la segunda etapa, denominada acción (*action*), es necesario exponer las etapas desarrolladas por los alumnos a nivel cognitivo al emplear una analogía (determinar las principales características del blanco y del análogo, mapear las similitudes entre ambos y señalar sus diferencias), así como poner de manifiesto la necesidad de guiar a los alumnos durante las mismas. Finalmente, tras la implementación de la analogía, es esencial iniciar una fase de reflexión (*reflection*) sobre la utilidad y la claridad de la misma, y sobre cómo mejorar esta y/o su implementación. Estas fases son obviadas en las analogías presentes en los libros de texto (Körhasan y Hidir, 2019), lo que apoya la necesidad de abordarlas en la formación inicial.
- Se exponga la necesidad de analizar críticamente las analogías antes de su implementación. Por ello, se recomienda que los docentes posean un repertorio de analogías bien contrastadas, puesto que siempre es preferible recurrir a analogías

previamente planificadas que a analogías improvisadas (Oliva, 2008). Por tanto, es necesario que los futuros maestros sean conscientes de que, previamente a la implementación de una analogía, es preciso dedicar tiempo para analizarla y depurarla.

Una manera de abordar las analogías como recurso didáctico en la formación inicial, además de tratar los aspectos anteriormente enumerados, es emplearlas como recurso para la enseñanza de conceptos científicos concretos (Kurt, 2019; Yerrick *et al.*, 2003). En este sentido, desde nuestro grupo de investigación trabajamos en el diseño de intervenciones didácticas con las que enseñar diversos contenidos de Biología a futuros maestros mediante analogías (Esteban *et al.*, 2017). Estas actividades de enseñanza basadas en analogías son efectivas en relación al aprendizaje de los conceptos diana, así como motivantes y bien valoradas por los docentes en formación (Kurt, 2019; Marcos-Merino, 2020).

Conclusiones

La mayoría de los futuros maestros participantes no plantea análogos para la enseñanza de los contenidos de Biología más abstractos y de mayor complejidad, impartidos en los cursos superiores de Educación Primaria, o describe propuestas de análogos que no son apropiadas. Dentro de estos, destaca la falta de comprensión del concepto de analogía, que es confundido habitualmente con ejemplos del concepto diana, con experiencias prácticas con las que ponerlo de manifiesto o con definiciones del mismo. Asimismo, en ocasiones, plantean análogos relacionados con ideas alternativas, lo que revela una falta de comprensión de algunos de los blancos propuestos. Estos resultados apoyan que la formación inicial, tanto científica como didáctica, recibida por los futuros maestros participantes no es suficiente para diseñar e implementar analogías como recurso didáctico en su futuro desempeño profesional como docentes de contenidos de Biología.

Agradecimientos

Este estudio ha sido financiado por el Proyecto EDU2016-77007-R (Ministerio de Ciencia e Innovación) y por la Ayuda a Grupos GR18004 (Junta de Extremadura).

Referencias bibliográficas

- Aubusson, P. J., Harrison, A. G. y Ritchie, S. M. (2005). *Metaphor and analogy in science education*. Dordrecht: Springer.
- Baysen, E. y Baysen, F. (2013). Turkish prospective kindergarten teachers' conceptions concerning some selected atmospheric events. *International Journal of Elementary Education*, 2(5), 32-37. DOI: <https://doi.org/10.11648/j.ijeeedu.20130205.11>
- Coll, R. (2015). Analogies in Science. En R. Gunstone (Ed.), *Encyclopedia of Science Education* (pp. 41-42). Dordrecht: Springer.
- Davis, E. A. y Petish, D. (2005) Real-world applications and instructional representations among prospective elementary science teachers. *Journal of Science Teacher Education*, 16(4), 263-286. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10972-005-8892-4>
- Dagher, Z. R. (1995). Analysis of analogies used by science teachers. *Journal of Research in Science Teaching*, 32(3), 259-270.
- Duit, R. (1991). On the role of analogies and metaphors in learning science. *Science education*, 75(6), 649-672.

- Esteban, R., Marcos-Merino, J. M., y Ochoa de Alda, J. A. G. (2017). Introducción a la evolución molecular a través de una analogía lingüística. *Enseñanza de las Ciencias, Extra*, 3669-3676.
- Glynn, S. M. (2008). Making science concepts meaningful to students: teaching with analogies. En S. Mikelskis-Seifert, U. Ringelband, M. Bruckmann (Eds.), *Four Decades of Research in Science Education: from Curriculum Development to Quality Improvement* (pp. 113-127). Munster: Waxmann
- Jonane, L. (2015). Analogies in science education. *Pedagogika*, 119(3), 116–125.
- Kim, M., Kim, H., y Noh, T. (2018). The characteristics of lessons using analogies planned by pre-service science teachers. *Journal of the Korean Chemical Society*, 62(2), 148-158. DOI: <https://doi.org/10.5012/jkcs.2018.62.2.148>
- Körhasan, N. D., y Hidir, M. (2019). How should textbook analogies be used in teaching physics?. *Physical Review Physics Education Research*, 15(1), 010109. DOI: <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.15.010109>
- Kurt, S. (2019). An Analogy Activity for Teaching Chemical Reaction and Collision Theory from Perspectives of Pre-Service Science Teachers. *International Journal of Environmental and Science Education*, 14(9), 521-534.
- Marcos-Merino, J. M. (2020). *Emociones y aprendizaje en las actividades prácticas de Biología en Educación Primaria y en el Grado de Maestro en Educación Primaria* (Tesis Doctoral). Universidad de Extremadura, Badajoz.
- Mastrilli, T. M. (1997). Instructional analogies used by biology teachers: Implications for practice and teacher preparation. *Journal of Science Teacher Education*, 8(3), 187-204. DOI: <https://doi.org/10.1023/A:1009451802467>
- Nottis, K. E. K. y McFarland, J. (2001). A comparative analysis of pre-service teacher analogies generated for process and structure concepts. *Electronic Journal of Science Education*, 5(4).
- Oliva, J. M. (2008). Qué conocimientos profesionales deberíamos tener los profesores de ciencias sobre el uso de analogías. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 5(1), 15-28. DOI: https://doi.org/10.25267/rev_eureka_ensen_divulg_cienc.2008.v5.i1.03
- Oliva, J. M., Aragón, M. M., Bonat, M. y Mateo, J. (2001). Una propuesta didáctica basada en la investigación para el uso de analogías en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 19(3), 453-470.
- Oliva, J. M., Aragón, L. y Jiménez, N. (2015). Analogías y progresión del conocimiento del alumnado en la clase de ciencias. *Alambique: Didáctica de las ciencias experimentales*, (79), 35-44.
- Ordoñez, C., Cardona, J., Daza, A., Rodas, J. y Ruiz, F. (2013). Relaciones entre el uso de la analogía en la enseñanza y el aprendizaje del concepto Estructura Íntima de la Materia. *Enseñanza de las Ciencias, Extra*, 2616-2621.
- Orgill, M. y Bodner, G. (2004). What research tells us about using analogies to teach chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, 5(1), 15-32. DOI: <https://doi.org/10.1039/B3RP90028B>
- Real Decreto 126/2014, de 28 de febrero, por el que se establece el currículo básico de Educación Primaria.

- Richland, L. E. y Simms, N. (2015). Analogy, higher order thinking, and education. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Cognitive Science*, 6(2), 177-192. DOI: <https://doi.org/10.1002/wcs.1336>
- Rubio, J., Sánchez, G. y Valcárcel, M.V. (2018). Percepción de profesores y estudiantes de 3ºESO sobre el uso de analogías en el estudio de los estados de agregación de la materia. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 15(2), 2104. DOI: https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2018.v15.i2.2104
- Treagust, D., Duit, R., Joslin, P. y Lindauer, I. (1992). Science teachers' use of analogies: observations from classroom practice. *International Journal of Science Education*, 14(4), 413-422. DOI: <https://doi.org/10.1080/0950069920140404>
- Yerrick, R., Doster, E., Nugent, J., Parke, H. y Crawley, F. E. (2003). Social interaction and the use of analogy: An analysis of preservice teachers' talk during physics inquiry lessons. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(5), 443-463. DOI: <https://doi.org/10.1002/tea.10084>