

CONCEPCIONES ALTERNATIVAS SOBRE BIOLOGÍA CELULAR Y MICROBIOLOGÍA DE LOS MAESTROS EN FORMACIÓN: IMPLICACIONES DE SU PRESENCIA

Cell Biology and Microbiology misconceptions of teachers in training:
implications of their presence

José María Marcos Merino, Rocío Esteban Gallego

Universidad de Extremadura

Correspondencia:

Nombre y apellidos: José María Marcos Merino
Mail: jmmarcos@unex.es

Recibido: 07/07/2017; Aceptado: 21/12/2017
DOI:

Resumen

La detección de concepciones alternativas en maestros en formación es una interesante línea de investigación cuyos resultados han confirmado carencias formativas. Dado que la acción del docente constituye uno de sus principales orígenes en los alumnos de Educación Primaria, en este trabajo estudiamos el grado de presencia de una serie de concepciones alternativas de Biología Celular y Microbiología en una muestra de maestros en formación. Los resultados muestran que las concepciones alternativas más extendidas son la localización del material genético únicamente en el núcleo celular, la presencia de mitocondrias solo en animales, la identificación de los virus como seres vivos, de los antibióticos como sustancias utilizadas para eliminar a todos los microorganismos y de los microorganismos como patógenos, obviando sus aplicaciones industriales. Finalmente, se discuten las implicaciones que estos resultados tienen en los procesos de formación inicial de los maestros y en su futura acción docente.

Palabras clave: Concepciones alternativas; Grado en Educación Primaria; Formación inicial; Biología

Abstract

Detection of misconceptions in teachers is an important research line whose results have confirmed lacks in their training. Given that teaching action is one of the main origins of Primary Education students' misconceptions, in this paper we study the prevalence of some Cell Biology and Microbiology misconceptions in a sample of teachers in training. Results show that the most widespread misconceptions are the belief that i) genetic material is only placed in the cell nucleus, ii) mitochondria are only present in animal cells, iii) the identification of viruses as living beings (instead of acellular agents), iv) antibiotics as substances able to eliminate all microorganisms, and v) microorganisms as obligate pathogens, obviating their environmental and industrial relevance. Finally, we discuss the implications of these results on teachers' initial training and in their future teaching action.

Keywords: Misconceptions; Degree of Primary Education; Initial training; Biology.

INTRODUCCIÓN

Las concepciones alternativas sobre conceptos científicos. Características básicas y papel de los docentes en su transmisión

El alumnado de los distintos niveles de enseñanza posee un conocimiento previo fruto de su experiencia personal y social. En ocasiones, este conocimiento es erróneo, mostrando ideas o concepciones alternativas. La bibliografía recoge ambos términos para referirse a este tipo de ideas previas del alumnado, aunque, con el fin de unificar, en adelante se usa el término concepción alternativa para referirse a dichas ideas. La investigación en Didáctica de las Ciencias Experimentales comenzó a estudiar las concepciones alternativas de los alumnos, motivada en gran parte, por la recomendación de Ausubel, Novak y Hanesian (1983). Estos autores defendieron la importancia de detectar los conocimientos previos del sujeto que aprende como punto de partida para los procesos de instrucción, ya que, desde el enfoque constructivista, el aprendizaje se concibe como un proceso de construcción de nuevos conocimientos a partir de los conocimientos previos; más que como una simple asimilación de contenidos. De este modo, diagnosticar las concepciones alternativas de los alumnos sobre los temas que se van a trabajar en el aula, e interpretar su origen y naturaleza, constituye el punto de partida que permite al profesor ayudar al alumno a promover cambios en su estructura conceptual. Este proceso es básico para el aprendizaje de los alumnos, entendiendo el mismo como una reconstrucción de su conocimiento. Como consecuencia de esto, el papel del profesor no es el del tradicional transmisor de contenidos científicos, sino el de facilitador y guía en dicho proceso de reconstrucción del conocimiento, mediante el diseño y puesta en práctica de secuencias de enseñanza-aprendizaje que parten de la detección y corrección de las concepciones alternativas para la consecución de este objetivo.

Desde la década de los ochenta se han realizado numerosas investigaciones sobre las concepciones alternativas de los alumnos ante numerosos conceptos científicos y fenómenos naturales, así como sus causas y principales características (Aramburu, 2004; Carrascosa, 2005; Chi, 2005; Driver, 1988; Furió, 1996; Furió y Guisasola, 2001; Flores y Ruiz, 2011; Oliva, 1999; Pozo, 1996; Prieto y Blanco, 1997; Roth, 2008). Las principales conclusiones de estos estudios señalan que las concepciones alternativas:

- Están asociadas a una determinada interpretación, diferente a la aceptada por la comunidad científica, de un concepto científico determinado.
- No suelen ser ideas aisladas sino que están relacionadas, presentando una cierta coherencia interna que las refuerza.
- Son comunes a estudiantes de diferentes edades y niveles educativos, género, cultura o nivel socio-cultural.
- Son muy resistentes al cambio y no se modifican fácilmente con estrategias de enseñanza convencionales. Se observa que, después de años de escolaridad, los alumnos continúan teniendo concepciones alternativas que no se corresponden con las concepciones científicamente aceptadas.
- En muchas ocasiones, coinciden con ideas vigentes a lo largo de la historia del pensamiento científico.
- Tienen su origen en la experiencia personal y social de los alumnos (incluyendo la influencia del lenguaje, los medios de comunicación como la televisión, la prensa, la radio, internet o las

redes sociales), ya que son construcciones personales con las que el sujeto explica la realidad que conoce de un modo coherente con las experiencias que ha vivido.

Muchas de las concepciones alternativas relacionadas con distintos conceptos biológicos (como Biología Celular o Microbiología) no pueden haber sido originadas por las experiencias personales de los alumnos, sino que tienen su origen en una enseñanza inadecuada, influida por las concepciones alternativas de los docentes y/o las presentes en los libros de texto y otros materiales educativos utilizados (Aguilar *et al.*, 2007; Carrascosa, 2005; Cho *et al.*, 1985; Flores y Ruiz, 2011). Esto ha sido corroborado por investigaciones previas que han señalado que las concepciones alternativas, sobre conceptos científicos, de los maestros son uno de los principales orígenes de las concepciones alternativas que presentan los alumnos sobre estos temas (Kikas, 2004; Schoon, 1995; Trundle, Atwood y Christopher, 2002). Así, la detección de las concepciones alternativas sobre conceptos científicos, que presentan tanto los futuros maestros (estudiantes de los Grados en Educación Primaria) como los maestros en ejercicio de Educación Primaria, constituye una línea de investigación muy relevante.

Dada la relevancia e implicación que tiene la presencia de concepciones alternativas en el profesorado, tanto en formación como en ejercicio, en la formación biológica de los alumnos de Primaria, en este trabajo se analiza el grado de presencia de las concepciones alternativas más extendidas de dos subdisciplinas de la Biología, Biología Celular y Microbiología, en una muestra de maestros en formación inicial de la Universidad de Extremadura. Para ello, se han identificado las principales concepciones alternativas sobre ambas subdisciplinas descritas en la bibliografía, se ha analizado su presencia en una muestra de estudiantes del Grado en Educación Primaria de la Universidad de Extremadura y se ha reflexionado sobre las implicaciones que tiene su presencia tanto en la formación inicial de los maestros como en los procesos de enseñanza-aprendizaje en Educación Primaria, en base a las investigaciones publicadas previamente.

Identificación de las principales concepciones alternativas de Biología Celular y Microbiología descritas en la bibliografía

Diversos estudios han señalado que los futuros maestros y los alumnos de Educación Secundaria tienen concepciones alternativas sobre contenidos relacionados con la estructura y fisiología de la célula, y con diferentes aspectos de los microorganismos. En primer lugar, en relación a las concepciones alternativas sobre los contenidos de Biología Celular, algunas de las descritas en la bibliografía son:

- El desconocimiento de la célula como unidad funcional y estructural de todos los seres vivos. Muchos alumnos no consideran a los seres pluricelulares como entes formados por el conjunto de muchas células y, en otros casos, identifican las células como unidades independientes localizadas en lugares específicos del cuerpo (por ejemplo las neuronas o los glóbulos rojos), sin relacionarlas con las características más visibles de los seres vivos. Así, muchos alumnos carecen de una visión sistémica que identifique a las células como uno de los niveles de organización de los seres vivos pluricelulares (Caballer y Giménez, 1992; Camacho *et al.*, 2012; González-Weil y Harms, 2012; Storey, 1990).
- Falta de conocimiento de las estructuras celulares básicas (membrana plasmática, citoplasma, orgánulos, núcleo o pared) y del funcionamiento de las mismas. La visión de los alumnos de la célula se reduce, en la mayoría de los casos, a considerarla como una celda que carece de

estructuras pero que está limitada con el exterior, una imagen similar a la primera definición de célula aportada por Robert Hooke (Caballer y Giménez, 1993; Camacho *et al.*, 2012; Díaz de Bustamante y Jiménez, 1996).

- Desconocimiento de la forma de las células (Camacho *et al.*, 2012; Díaz de Bustamante y Jiménez, 1996), representándola mayoritariamente mediante una imagen pobre basada en dos círculos concéntricos que representan la membrana y el núcleo, sin distinguir orgánulos.
- Confusión sobre la localización del material genético en la célula (Caballero, 2008), quedando restringido al núcleo celular y obviando, por tanto, localizaciones extranucleares como las mitocondrias y los cloroplastos.
- Confusión sobre la presencia de los cloroplastos y las mitocondrias en las células vegetales, reconociendo a los primeros como estructuras propias de los vegetales y a las segundas, en contraposición, como estructuras exclusivas de los animales (García, 1991).
- Respecto a la información genética, destacan el desconocimiento de la presencia de cromosomas en células vegetales, la situación de los cromosomas sexuales solo en los gametos y la creencia de que todas las células de un mismo organismo tienen la misma información genética (Banet y Ayuso, 1995).
- Falta de reconocimiento del ADN como atributo común de todos los seres vivos, sobre todo en grupos como bacterias y hongos (Shaw *et al.*, 2008).

Con respecto a las concepciones alternativas sobre Microbiología, algunas de las descritas en la bibliografía son:

- Falta de identificación de los microorganismos como seres vivos que realizan las funciones vitales de nutrición, relación y reproducción (Teodoro y Chambel, 2013):
- Reconocimiento de los virus como seres vivos (Jones *et al.*, 2013; Simonneaux, 2010).
- Confusión en relación al tamaño microscópico de los microorganismos, asemejando este al nivel atómico. Así, entre el alumnado está muy extendida la idea de que los microorganismos nunca pueden verse a simple vista, ni aunque se junten muchos (Teodoro y Chambel, 2013), lo cual evidencia un desconocimiento de los procesos de cultivo de microorganismos. Además, se relaciona el tamaño microscópico con una mayor simplicidad metabólica (Hilge, 2001).
- Identificación de todos los microorganismos como agentes patógenos (Jones y Rua, 2006; Rachman, 2004; Teodoro y Chambel, 2013).
- Desconocimiento de la diversidad de los microorganismos (bacterias, virus, protoctistas y hongos), asemejando de manera genérica el concepto de microorganismo al de bacteria (Teodoro y Chambel, 2013).
- Desconocimiento de la presencia de bacterias beneficiosas o inocuas en el cuerpo humano (Byrne, 2011; Teodoro y Chambel, 2013).
- Incapacidad para diferenciar los conceptos de esterilización y asepsia (Teodoro y Chambel, 2013) y confusión entre los métodos utilizados para conseguir estas condiciones.
- Falta de reconocimiento de la importancia de los microorganismos en procesos beneficiosos y útiles para los seres humanos, como las transformaciones alimentarias (Díaz *et al.*, 1996, Gardner y Jones, 2011; Simonneaux, 2010), o para el medio ambiente (Jones *et al.*, 2013), por ejemplo mediante su intervención clave en los ciclos biogeoquímicos.
- Identificación de los antibióticos como remedio común para tratar todas las enfermedades causadas por microorganismos, tanto bacterianas como víricas (Prout, 1985; Romine *et al.*, 2013; Teodoro y Chambel, 2013), asimilándolos con las vacunas (Jones y Rua, 2008).

OBJETIVO

El objetivo de esta investigación es detectar el grado de presencia de las concepciones alternativas más extendidas de Biología Celular y Microbiología en una muestra de alumnos del Grado en Educación Primaria de la Universidad de Extremadura.

METODOLOGÍA

Muestra

El presente estudio se ha desarrollado con una muestra no probabilística formada por 173 maestros en formación (60 % de mujeres, edad media de 22 años), estudiantes del tercer curso del Grado en Educación Primaria de la Universidad de Extremadura, tanto de la Facultad de Educación (campus de Badajoz) como de la Facultad de Formación del Profesorado (campus de Cáceres). Los estudiantes fueron informados de los objetivos de la investigación a realizar, del procedimiento a seguir y del carácter voluntario y anónimo de su participación. La muestra no es aleatoria, ya que se han elegido los representantes de la población 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 futuros maestros de Extremadura.

Instrumentos

Los instrumentos utilizados en esta investigación han sido dos cuestionarios. Según Carrascosa (2005), el cuestionario es el instrumento más utilizado cuando se conoce ya la existencia de determinadas concepciones alternativas, y se desea estudiar su incidencia en un determinado colectivo en un momento dado. Así, se han elaborado dos cuestionarios (material suplementario 1 y 2) con los que detectar la presencia de concepciones alternativas de Biología Celular y Microbiología en la muestra estudiada. Cada cuestionario está compuesto por 12 preguntas tipo test de respuesta única, con 4 posibles opciones y se han construido partiendo de:

- Los estudios previos que recogen las principales concepciones alternativas relativas a conceptos de estas dos subdisciplinas biológicas, citados en el apartado 1.2 de este estudio
- Preguntas del TIMSS (*Trends in International Mathematics and Science Study*), estudio realizado por la Asociación Internacional para la Evaluación del Rendimiento Educativo sobre Matemáticas y Ciencias en el alumnado de 8º grado de los países participantes (2º de Educación Secundaria Obligatoria en el caso de España) (Foy *et al.*, 2013)

Dichos cuestionarios se aplicaron antes de impartir determinados contenidos de Biología Celular y Microbiología dentro de la asignatura Didáctica del Medio Físico y los Seres Vivos, del área de Didáctica de las Ciencias Experimentales, y los alumnos tardaron en contestarlos unos 10 minutos por cuestionario. En el análisis de los resultados, se ha establecido como criterio que una concepción alternativa está extendida en la muestra estudiada cuando más del 50 % de los alumnos contesta mal a la pregunta relacionada con dicha concepción.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de los resultados de los cuestionarios indica que todas las concepciones alternativas de Biología analizadas se han detectado en algunos de los alumnos de la muestra (Tablas I y II). En la tabla I se muestran los conceptos de Biología Celular relacionados con las preguntas del

cuestionario y el porcentaje de alumnos de la muestra que contestó correctamente a las preguntas. Se destacan en negrita las concepciones alternativas presentes en la muestra y el porcentaje de alumnos que no la presentan.

El análisis de los resultados de los cuestionarios para la detección de concepciones alternativas sobre Biología Celular (Tabla I) indica que las concepciones alternativas presentes en más del 50 % de la muestra analizada son:

- El desconociendo de la presencia de material genético en cloroplastos y mitocondrias (86 % de los alumnos), restringiendo su localización únicamente al núcleo celular. Esto coincide con lo señalado por Caballero (2008), quien detectó una confusión a la hora de identificar la localización del material genético en alumnos de 1º de Bachillerato que cursaban una asignatura obligatoria de Ciencias Naturales. Según esta autora, la presencia de esta concepción está relacionada con la ausencia del tratamiento de este concepto en los libros de texto y otros materiales educativos utilizados en la Educación Secundaria Obligatoria (E.S.O.)
- La situación de los cromosomas sexuales exclusivamente en los gametos (74 %), en lugar de en el núcleo de todas las células, resultado que coincide con lo indicado por Banet y Ayuso (1995), quienes detectaron la presencia de esta idea en una muestra formada por alumnos de 4º de E.S.O. y 1º y 2º de Bachillerato. Según estos autores, se debe tener en cuenta que el término cromosoma, así como otros conceptos genéticos, pueden ser interpretados por los alumnos con significado diferente al atribuido por el docente. Como consecuencia de esto, sin ser conscientes de ello, los docentes pueden reforzar nociones equivocadas con sus explicaciones

Tabla I. *Conceptos de Biología Celular en los que se basaban las preguntas del cuestionario implementado. Para cada concepto se indica el porcentaje de acierto de la pregunta relacionada, resaltando en negrita los conceptos y porcentajes de aciertos inferiores al 50 %.*

Concepto	Porcentaje de aciertos
El ADN es un ácido nucleico	80 %
El ADN se encuentra en todas las células de los seres vivos	71 %
El ADN es el atributo común de todos los seres vivos y algunos no vivos como los virus	78 %
Los cromosomas sexuales se encuentran en todas las células con núcleo	26 %
La principal diferencia de una célula eucariota y una procariota es la posesión de núcleo celular	67 %
El ADN se encuentra en el núcleo celular y en algunos orgánulos como las mitocondrias y los cloroplastos	14 %
Algunos orgánulos celulares están rodeados por una membrana de composición similar a la membrana plasmática	24 %
La pared celular de las células vegetales es una estructura rígida de celulosa	40 %
Los cloroplastos son una estructura exclusiva de las células vegetales, mientras que las mitocondrias lo son de las células eucariotas (animales y vegetales)	43 %
El propósito de la respiración celular es proporcionar energía para las actividades celulares	63 %
Las células que destruyen a las bacterias que invaden el cuerpo son los glóbulos blancos	59 %
La función del núcleo celular es controlar las actividades celulares	38 %

- El desconocimiento de la estructura y composición de las membranas biológicas (76 %) y la pared celular de las células vegetales (60 %), así como una confusión acerca de la función del núcleo celular (62 %), al que se le atribuyen otras funciones como producir alimento o energía. Estos resultados están en consonancia con investigaciones anteriores (Caballer y Giménez, 1993; Camacho et al., 2012; Díaz de Bustamante y Jiménez, 1996) que resaltan la falta de conocimiento del alumnado de las estructuras celulares básicas tanto en la E.S.O. y en Bachillerato, como en alumnos de 2º de Magisterio en el caso del estudio realizado por Díaz de Bustamante y Jiménez (1996). Según estos últimos autores, la presencia de concepciones alternativas referentes a la estructura de la célula se debe al desconocimiento, por parte de los alumnos, de las células como estructuras tridimensionales; así como al escaso desarrollo de actividades de Biología en las que se realicen observaciones microscópicas, y con las que se contribuya al estudio de las distintas estructuras celulares mediante la realización de dibujos y diagramas que impliquen la interpretación, diferenciación y reconocimiento de las mismas. Esta idea es defendida también por Caballer y Giménez (1993), quienes destacan que estas actividades deben realizarse desde la Educación Primaria, incluyendo además la utilización de fotografías y gráficos, en las clases de Biología de esta etapa, como un importante recurso para favorecer el aprendizaje de la estructura celular. La presencia de estas concepciones puede deberse, además, al carácter abstracto que tiene para los alumnos el concepto de célula (Dreyfus y Jungwirth, 1989), lo que hace necesario el diseño y puesta en práctica de actividades con las que clarificar dicho concepto (Caballer y Giménez, 1993; Camacho et al., 2012).
- La identificación de la mitocondria como orgánulo propio de células animales (57 %), en contraposición a los cloroplastos como estructura propia de las células vegetales. Esto coincide con lo señalado por García (1991), quien detectó la presencia de esta concepción en alumnos de Bachillerato. Este autor comprobó, además, que esta y otras concepciones no se superaron a lo largo de los estudios de Bachillerato, llegando incluso a reforzarse en algunos casos; demostrando, al igual que numerosas investigaciones previas, la incapacidad de la enseñanza tradicional de las ciencias para hacer frente a las concepciones alternativas. Ante esta situación, propone integrar el nivel celular dentro de los distintos niveles de organización de los seres vivos, para evitar su tratamiento como un ente aislado, cuya enseñanza habitual se basa principalmente en estudiar nuevos nombres de estructuras que posteriormente los alumnos olvidan.

El resto de concepciones alternativas analizadas se encuentran presentes en menos del 50 % de la muestra, resultado que no coincide con lo descrito en la bibliografía. Una posible causa que podría explicar por qué no están tan ampliamente extendidas como indican otras investigaciones es que, muchos de los estudios utilizados para elaborar el cuestionario, se llevaron a cabo con una muestra de alumnos de Educación Secundaria (ya que estos estudios abundan más que las investigaciones realizadas con maestros en formación). Esta diferencia de edad implica una importante diferencia de nivel educativo entre los alumnos que componen la muestra, la cual podría ser la causa de las diferencias observadas.

Respecto a las concepciones alternativas de Microbiología, la tabla II recoge los conceptos de Microbiología relacionados con las preguntas del cuestionario y el porcentaje de alumnos de la muestra que contestó correctamente a cada pregunta. Se destacan en negrita las concepciones alternativas presentes en la muestra y el porcentaje de alumnos que no la presentan. El análisis de los resultados de los cuestionarios indica que las concepciones alternativas más extendidas en la muestra analizada son:

- La identificación de los virus como seres vivos (77 %), junto con bacterias y levaduras. Esto coincide con lo señalado por Jones et al. (2013), quienes detectaron la presencia de esta concepción en estudiantes universitarios y propusieron como posible causa la experiencia personal de los alumnos al contraer infecciones causadas por estos agentes. También coincide con los resultados de Simonneaux (2010), según los cuales, los términos “virus” y “bacteria” son intercambiables para muchos alumnos, lo cual se debe en parte al tratamiento en el aula de ambos como agentes infecciosos para los seres humanos. Jones et al. (2013) destacan el importante papel que tiene realizar actividades prácticas de laboratorio, relacionadas con conceptos de Microbiología, durante las etapas educativas obligatorias para evitar la dispersión de esta y otras concepciones alternativas de Microbiología, así como para favorecer el cambio conceptual

Tabla II. *Conceptos de Microbiología en los que se basaban las preguntas del cuestionario implementado. Para cada concepto se indica el porcentaje de acierto de la pregunta relacionada, resaltando en negrita los conceptos y porcentajes de aciertos inferiores al 50 %.*

Concepto	Porcentaje de aciertos
Los microorganismos son seres vivos que realizan las tres funciones vitales	61 %
Los microorganismos son microscópicos pero pueden cultivarse y verse a simple vista	85 %
Los microorganismos son ubicuos	42 %
Los microorganismos más primitivos vivían en el agua	63 %
Solo algunos microorganismos son patógenos	47 %
Los microorganismos tienen numerosas aplicaciones en la industria alimentaria	28 %
Los virus no son seres vivos	23 %
El agua es el requerimiento nutricional básico de los microorganismos	29 %
Los mecanismos de esterilización eliminan a todos los microorganismos	27 %
Lavarse las manos es un mecanismo de asepsia	44 %
Las vacunas proporcionan al cuerpo humano inmunidad a largo plazo contra algunas enfermedades	80 %
Los antibióticos son unas sustancias utilizadas para eliminar a todos los microorganismos, incluidas las bacterias	31

- El desconocimiento de los conceptos de esterilización (73 %) y asepsia (56 %), existiendo una confusión entre ambos conceptos que ya ha sido detectada en estudios previos en muestras del nivel de E.S.O. (Simonneaux, 2010; Teodoro y Chambel, 2013).
- El desconocimiento de las aplicaciones industriales de los microorganismos (72 %), detectada por varias investigaciones previas (Díaz et al., 1996, Gardner y Jones, 2011; Simonneaux, 2010) tanto en alumnos de Educación Secundaria como en maestros en formación. Según Simonneaux (2010), la presencia de concepciones alternativas relacionadas con el papel de los microorganismos en la industria limita el conocimiento por parte de estos de la biotecnología. Dada la importancia de las aplicaciones biotecnológicas en la sociedad actual, es necesario que los docentes tengan en cuenta las concepciones alternativas relacionadas con el papel de los microorganismos en la biotecnología a la hora de diseñar actividades para su enseñanza. Díaz et al. (1996) defienden que dichas actividades deben realizarse desde la Educación Primaria, partiendo de experiencia sencillas relacionadas con las transformaciones alimentarias.

- El desconocimiento del agua como requerimiento nutricional básico de los microorganismos (71 %), indicando mayoritariamente que otros factores (luz, azúcar u oxígeno) son indispensables para el crecimiento de los microorganismos.
- El reconocimiento de los antibióticos como sustancias utilizadas para eliminar a todos los microorganismos (69 %), lo cual coincide con lo indicado previamente por Prout (1985), Romine et al. (2013) y Teodoro y Chambel (2013), quienes detectaron su presencia en muestras de los niveles de E.S.O. y Bachillerato. Según Teodoro y Chambel (2013), a pesar de la importancia de este concepto y de la amplia dispersión entre el alumnado de diferentes niveles de concepciones alternativas relacionadas con él, los antibióticos y su uso no son recogidos como conceptos relevantes en los libros de texto. De acuerdo con estos últimos autores, los profesores de Biología deben aprovechar que los antibióticos son sustancias conocidas por los alumnos para desarrollar actividades que, conectando con su vida diaria, clarifiquen este y otros conceptos microbiológicos, resaltando las interacciones Ciencia-Tecnología-Sociedad. Esta situación se hace aún más necesaria en el contexto actual, en el que son cada vez más comunes las situaciones de resistencia a antibióticos.
- La falta de reconocimiento de la ubicuidad de los microorganismos (58 %), indicando que en determinados ambientes, como una mesa limpia, el aire del campo o las profundidades marinas no hay microorganismos. Esto contrasta con algunos estudios previos que indican que la ubicuidad de los microorganismos es generalmente conocida por los alumnos (Byrne, 2011; Teodoro y Chambel, 2013), excepto para determinar su presencia en el cuerpo humano.
- La identificación de todos los microorganismos como agentes patógenos (53 %), lo cual ha sido señalado con anterioridad por Jones y Rua (2006), Rachman (2004) y Teodoro y Chambel (2013). Estos autores apuntan a que una de las principales causas por la que esta idea alternativa está tan extendida es que los educadores de los niveles educativos básicos, entre los que se encuentran los maestros de Educación Primaria, se centran en el rol de los microorganismos como agentes infecciosos, mediante el tratamiento de distintas enfermedades víricas y bacterianas de gran incidencia en las poblaciones humanas, reforzando la imagen negativa de éstos.

De forma similar a los resultados obtenidos en el análisis de concepciones relativas a Biología Celular, el resto de concepciones alternativas relativas a Microbiología analizadas con el cuestionario, estaban presentes en menos del 50 % de la muestra, lo cual podría explicarse por la diferencia de edad y de nivel educativo de la muestra utilizada en las distintas investigaciones.

IMPLICACIONES DE LA PRESENCIA DE CONCEPCIONES ALTERNATIVAS EN MAESTROS EN SU FORMACIÓN INICIAL

Los resultados de esta y otras investigaciones previas ponen de manifiesto que los maestros en formación presentan concepciones alternativas sobre diversos conceptos científicos. Este trabajo, en concreto, evidencia que los estudiantes del Grado de Maestro en Educación Primaria de la Universidad de Extremadura presentan concepciones alternativas sobre Biología, algunas de las cuales están muy extendidas como: la ausencia de material genético en mitocondrias y cloroplastos, la identificación de las mitocondrias como orgánulos exclusivos de las células animales en contraposición a los cloroplastos en las células vegetales, el reconocimiento de los virus como seres vivos y la identificación de los antibióticos como sustancias utilizadas para eliminar a todos los microorganismos, así como una visión negativa de los microorganismos que obvia sus aplicaciones industriales e importancia en la vida cotidiana de los alumnos, y los asocia al desarrollo de enfermedades.

La presencia de concepciones alternativas sobre Biología, y otras ramas de las Ciencias Experimentales, en maestros de Educación Primaria en formación pone de manifiesto la existencia de algunas deficiencias en la formación científica de estos. Dichas deficiencias afectan directamente a su práctica docente, ya que provocan una falta de confianza del maestro para enseñar ciencias (Appleton, 2003). Como consecuencia de esto, en ocasiones, los maestros implementan metodologías y realizan actividades que no son las más idóneas para la enseñanza de ciertos conceptos científicos, con el único fin de mantener el control del aula. Además, la presencia de concepciones alternativas en maestros dificulta la identificación, por parte de estos, de dichas concepciones en sus alumnos y no favorece, por tanto, la incorporación en su acción docente de los elementos necesarios para propiciar su transformación (Flores y Ruiz, 2011). Por tanto, esta situación, genera una importante restricción para una enseñanza de las ciencias de calidad.

Por otro lado, las concepciones alternativas de los maestros constituyen una de las principales fuentes de dispersión de las mismas en las aulas de Educación Primaria (Kikas, 2004; Schoon, 1995; Trundle, Atwood y Christopher, 2002). Como consecuencia de esta situación, la presencia de concepciones alternativas en los maestros conlleva la enseñanza de las mismas como conceptos científicos correctos, favoreciéndose así la dispersión y perpetuación de estas concepciones. En el caso de las concepciones alternativas relativas a Microbiología y Biología Celular, detectadas en maestros en formación en este estudio, se podría favorecer la dispersión entre los alumnos de Educación Primaria de conceptos erróneos relativos a la célula y su estructura, de la idea de que un antibiótico puede curar una infección provocada por un virus o de la visión negativa de todos los microorganismos como agentes patógenos. Esta situación compromete la formación de los alumnos de Educación Primaria en estas áreas biológicas, ya que como afirmó Arons (1981), resulta muy difícil que aquellos profesores que tienen determinadas concepciones alternativas sobre un tema puedan ayudar a sus alumnos a superarlas. Por ello, la detección de las concepciones alternativas de los maestros, y su tratamiento en los programas formativos, resulta clave para evitar la perpetuación de dichas concepciones entre los alumnos de Educación Primaria y para mejorar con ello la formación científica de estos.

El reconociendo de las deficiencias formativas de los maestros debería tener, por tanto, una importante implicación en el diseño de los programas de formación, tanto inicial como continua, de estos; ya que como afirma Kikas (2004), son los maestros los encargados de introducir, a los alumnos de Educación Primaria, muchos conceptos de las Ciencias Naturales que constituyen la base a partir de la cual se desarrolla el futuro aprendizaje de las ciencias durante la Educación Secundaria. En este contexto, es necesario garantizar una sólida formación científica inicial en contenidos del área de las Ciencias Experimentales a todos aquellos futuros maestros que vayan a impartir contenidos de estas disciplinas (Gavela, 2004).

Los programas formativos de los estudiantes de los Grados de Educación Primaria deberían contemplar que estos estudiantes, al igual que el resto de los estudiantes universitarios y que el resto de los ciudadanos, poseen concepciones alternativas sobre los conceptos de ciencias que tienen que enseñar a sus alumnos, y que esto tiene graves consecuencias en la calidad de sus prácticas educativas y en la validez de los conocimientos científicos que transmiten a sus alumnos (Fernández y Peña, 2008). Por ello, es necesario implementar, dentro de las distintas materias del área de Didáctica de las Ciencias Experimentales de los Grados en Educación Primaria, mecanismos con los que detectar las principales concepciones alternativas de los estudiantes de Magisterio, para posteriormente desarrollar secuencias de enseñanza-aprendizaje dirigidas a corregir dichas concepciones y mejorar la formación disciplinar en ciencias de estos estudiantes. Desde el punto de vista constructivista, este proceso de detección del conocimiento previo de los alumnos es esencial para la construcción del conocimiento (Reece y Walker, 2016). Esta formación inicial de los futuros maestros también debería incluir la enseñanza de estrategias para detectar las ideas previas de los

alumnos de Educación Primaria (Larkin, 2012) y para desarrollar intervenciones con las que enfrentarse a ellas y disminuir su presencia. Además, es necesario que los futuros maestros adquieran estrategias con las que puedan identificar sus propias concepciones y conozcan cómo las pueden transmitir en el futuro ejercicio de su práctica docente.

Para que los alumnos de Magisterio alcancen un aprendizaje significativo, en los procesos de formación inicial, se deberían introducir actividades problemáticas mediante las cuales los estudiantes puedan cuestionar sus propias concepciones y poner a prueba los nuevos conocimientos adquiridos (Carrascosa, 2005). Uno de los tipos de actividades a desarrollar con este fin son, como se ha señalado anteriormente en la discusión, las actividades prácticas de laboratorio (Caballer y Giménez, 1993; Díaz de Bustamante y Jiménez, 1996; Díez *et al.*, 1996; Jones *et al.*, 2013, Simonneaux, 2010). En este sentido, desde el grupo de investigación DEPROFE (del Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales y las Matemáticas de la Universidad de Extremadura) trabajamos en el diseño e implementación, en la formación inicial de los futuros maestros, de diversas actividades prácticas desarrolladas bajo distintas metodologías didácticas, con un enfoque interdisciplinar que resalta las relaciones Ciencia, Tecnología y Sociedad (como las analogías, los juegos de mesa, las prácticas de laboratorio...), con las cuales corregir las concepciones alternativas de los futuros maestros, mejorando así su formación científica y su futuro desempeño profesional. A modo de ejemplo, para corregir las concepciones alternativas sobre Biología Celular, detectadas en la presente investigación, se ha diseñado una práctica de laboratorio, desarrollada mediante investigación dirigida, en la que se lleva a cabo una extracción de ADN con materiales cotidianos. Esta práctica es efectiva en relación al aprendizaje de conceptos básicos de Biología Celular y motivante para el alumnado (Marcos-Merino, Esteban y Ochoa de Alda, 2016).

Con la implementación de actividades de este tipo, progresivamente y a lo largo del transcurso de su formación, los futuros docentes podrán sustituir estas concepciones por los conceptos científicos aceptados por la comunidad científica y, por tanto, adecuados para formar científicamente a los alumnos de Educación Primaria. Del mismo modo, mecanismos similares deberían incluirse dentro de los programas de formación continua de los maestros. Así, como afirman Flores y Ruiz (2011), un mayor conocimiento por parte de los docentes de las concepciones alternativas puede ayudar a mejorar la enseñanza de temas específicos de Biología.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio ha sido financiado por el Proyecto de Investigación EDU2016-77007R del Ministerio de Economía y Competitividad de España y por la Ayuda a Grupos GR15009 de la Junta de Extremadura y el Fondo de Desarrollo Regional. José María Marcos Merino es beneficiario de una beca de Formación del Profesorado Universitario del Ministerio de Educación, Cultura y Deportes de España.

REFERENCIAS

- Aguilar, S., Maturano, C., & Núñez, G. (2007). Utilización de imágenes para la detección de concepciones alternativas: un estudio exploratorio con estudiantes universitarios. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 6(3), 691-713.
- Appleton, K. (2003). How do beginning primary school teachers cope with science? Toward an understanding of science teaching practice. *Research in Science Education*, 33(1), 1-25.
- Aramburu, M. (2004). Relaciones entre el desarrollo operatorio, las preconcepciones y el estilo cognitivo. *Revista Iberoamericana de Educación*, 33, 1-16.
- Arons, A. (1981). Thinking, reasoning and understanding in introductory physics courses. *The physics teacher*, 19(3), 166-172.
- Ausubel, D., Novak, J., & Hanesian, H. (1978). *Educational psychology: a cognitive view*. Nueva York: Holt, Rinehart and Winston.
- Banet, E., & Ayuso, G. (1995). Introducción a la genética en la enseñanza secundaria y bachillerato: I. Contenidos de enseñanza y conocimientos de los alumnos. *Enseñanza de las Ciencias*, 13(2), 137-153.
- Byrne, J. (2011). Models of Micro-Organisms: Children's knowledge and understanding of micro-organisms from 7 to 14 years old. *International Journal of Science Education*, 33(14), 1927-1961.

- Caballer, M., & Giménez, I. (1992). Las ideas de los alumnos y alumnas acerca de la estructura celular de los seres vivos. *Enseñanza de las Ciencias*, 10(2), 172-180.
- Caballer, M., & Giménez, I. (1993). Las ideas del alumnado sobre el concepto de célula al finalizar la educación general básica. *Enseñanza de las Ciencias*, 11(1), 63-68.
- Caballero, M. (2008). Algunas ideas del alumnado de secundaria sobre conceptos básicos de genética. *Enseñanza de las Ciencias*, 26(2), 227-244.
- Camacho, J., Jara, N., Morales, C., Rubio, N., Muñoz T., & Rodríguez, G. (2012). Los modelos explicativos del estudiantado acerca de la célula eucarionte animal. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 9(2), 196-212.
- Carrascosa, J. (2005). El problema de las concepciones alternativas en la actualidad (parte I). Análisis sobre las causas que la originan y/o mantienen. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 2(2), 183-208.
- Chi, M. (2005). Commonsense conceptions of emergent processes: Why some misconceptions are robust. *The journal of the learning sciences*, 14(2), 161-199.
- Cho, H., Kahle, J., & Nordland, F. (1985). An investigation of high school biology textbooks as sources of misconceptions and difficulties in genetics and some suggestions for teaching genetics. *Science Education*, 69(5), 707-719.
- Dreyfus, A., & Jungwirth, E. (1989). The pupil and the living cell: a taxonomy of dysfunctional ideas about an abstract idea. *Journal of Biological Education*, 23(1), 49-55.
- Díaz de Bustamante, J., & Jiménez, M. (1996). ¿Ves lo que dibujas? Observando células con el microscopio. *Enseñanza de las Ciencias*, 14(2), 183-194.
- Díaz, R., López, R., García, A., Abuín, G., Nogueira, E., & García, J. (1996). ¿Son los alumnos capaces de atribuir a los microorganismos algunas transformaciones de los alimentos? *Enseñanza de las Ciencias*, 14(2), 143-153.
- Driver, R. (1988). Un enfoque constructivista para el desarrollo del currículo en ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 6(2), 109-120.
- Fernández, M., & Peña, S. (2008). Concepciones de maestros de primaria sobre el planeta Tierra y gravedad: Implicaciones en la enseñanza de la ciencia. *Revista electrónica de investigación educativa*, 10(2), 1-25.
- Flores, R., & Ruiz, M. (2011). Concepciones alternativas de los profesores de biología. Una aproximación desde la investigación educativa. *Revista Educación y Desarrollo Social*, 5(1), 13-23.
- Flores, F., Tovar, M., & Gallegos, L. (2003). Representation of the cell and its processes in high school students: An integrated view. *International Journal of Science Education*, 25(2), 269-286.
- Foy, P., Arora, A., & Stanco, G. M. (2013). TIMSS 2011 User Guide for the International Database. Supplement 1: International Version of the TIMSS 2011 Background and Curriculum Questionnaires. Amsterdam: International Association for the Evaluation of Educational Achievement.
- Furió, C. (1996). Las concepciones alternativas del alumnado en ciencias: dos décadas de investigación. *Alambique*, 3(7), 7-17.
- Furió, C., & Guisasola, J. (2001). La enseñanza del concepto de campo eléctrico basada en un modelo de aprendizaje como investigación orientada. *Enseñanza de las Ciencias*, 19(2), 319-334.
- García, A. (1991). Estudio llevado a cabo sobre representaciones de la respiración celular en los alumnos de bachillerato y COU. *Enseñanza de las Ciencias*, 9(2), 129-134.
- Gardner, G., & Jones, M. (2011). Science instructors' perceptions of the risks of biotechnology: Implications for science instruction. *Research in Science Education*, 41(5), 711-738.
- Gavela, B. (2004). El gran reto de la ciencia española. *El País Semanal*, nº 1433. p.38.
- Gonzalez-Weil, C., & Harms, U. (2012). Del árbol al cloroplasto: concepciones alternativas de estudiantes de 9º y 10º grado sobre los conceptos «ser vivo» y «célula». *Enseñanza de las ciencias*, 30(3), 31-52.
- Hilge, C. (2001). Using everyday and scientific conceptions for developing guidelines of teaching microbiology. En H. Behrendt, H. Dahncke, R. Duit, W. Gräber, M. Komorek, A. Kross, P. Reiska (coords), *Research in Science Education-Past, Present, and Future* (pp. 253-258). Dordrecht: Springer
- Jones, M., & Rua, M. (2006). Conceptions of germs: Expert to novice understandings of microorganisms. *Electronic Journal of Science Education*, 10(3), 1-40.
- Jones, M., & Rua, M. (2008). Conceptual representations of flu and microbial illness held by students, teachers, and medical professionals. *School Science and Mathematics*, 108(6), 263-278.
- Jones, G., Gardner, G., Lee, T., Poland, K., & Robert, S. (2013). The Impact of Microbiology instruction on students' perceptions of risks related to microbial illness. *International Journal of Science Education*, 3(3), 199-213.
- Kikas, E. (2004). Teachers' conceptions and misconceptions concerning three natural phenomena. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(5), 432-448.
- Larkin, D. (2012). Misconceptions about "misconceptions": Preservice secondary science teachers' views on the value and role of student ideas. *Science Education*, 96(5), 927-959.
- Marcos-Merino, J. M., Esteban, R., & Ochoa de Alda, J. A. G. (2016). Efecto de una práctica docente diseñada partiendo de las emociones de maestros en formación bajo el enfoque Ciencia, Tecnología y Sociedad. *Indagatio Didactica*, 8(1), 144-157.
- Oliva, J. (1999). Algunas reflexiones sobre las concepciones alternativas y el cambio conceptual. *Enseñanza de las Ciencias*, 17(1), 93-197.

- Pozo, J. (1996). Las ideas del alumnado sobre la ciencia: de donde vienen, a donde van... y mientras tanto qué hacemos con ellas. *Alambique*, 7, 18-26.
- Prieto, T., & Blanco, A. (1997). *Las concepciones de los alumnos y la investigación en Didáctica de las Ciencias*. Málaga: SPICUM de la Universidad de Málaga y CEP de Málaga.
- Prout A. (1985). Science, health and everyday knowledge: A case study about the common cold. *European Journal of Science Education*, 7(4), 399-406.
- Rachman, S. (2004). Fear of contamination. *Behaviour Research and Therapy*, 42(11), 1227–1255.
- Reece, I., & Walker, S. (2016). *Teaching, training and learning: A practical guide*. Sunderland: Business Education Publishers Ltd.
- Romine, W.L., Barrow, L.H., & Folk, W.R. (2013). Exploring Secondary Students' Knowledge and Misconceptions about Influenza: Development, validation, and implementation of a multiple-choice influenza knowledge scale. *International Journal of Science Education*, 35(11), 1874-190.
- Roth, W. (2008). The nature of scientific conceptions: A discursive psychological perspective. *Educational Research Review*, 3(1), 30-50.
- Schoon, K. (1995). The origin and extent of alternative conceptions in the earth and space sciences: A survey of pre-service elementary teachers. *Journal of Elementary Science Education*, 7(2), 27–46.
- Shaw, K., Van Horne, K., Zhang, H., & Boughman, J. (2008). Essay contest reveals misconceptions of high school students in genetics content. *Genetics*, 178(3), 1157-1168.
- Simonneaux, L. (2000). A study of pupils' conceptions and reasoning in connection with 'microbes', as a contribution to research in biotechnology education. *International Journal of Science Education*, 22(6), 619–644.
- Storey, R. (1990). Textbook errors & misconceptions in biology: Cell Structure. *The American Biology Teacher*, 52(4), 213-218.
- Teodoro, A., & Chambel, L. (2013). The role of teachers in students' education for antibiotic use. En A. Mendez-Vilas (coords), *Microbial pathogens and strategies for combating them: science, technology and educations* (p.1957-1968). Badajoz: Formatex Research Center
- Trundle, K., Atwood, R., & Christopher, J. (2002). Preservice elementary teachers' conceptions of moon phases before and after instruction. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(7), 633–658.