

Evaluación de la enseñanza de la Astrobiología en Secundaria: análisis de libros de texto y opiniones del profesorado en formación

Diagnosis of Astrobiology teaching in Secondary School: textbook analysis and pre-service teachers' opinions

Raquel Oreiro

Jordi Solbes

Departament de Didàctica de les Ciències Experimentals i Socials
Universitat de València

Resumen: En este trabajo se presenta una evaluación diagnóstica de la enseñanza de la Astrobiología mediante el análisis de libros de texto de las asignaturas de Biología y Geología de 4º de la ESO y Ciencias para el Mundo Contemporáneo de 1º de Bachillerato. El objetivo principal es comprobar si la Astrobiología se ha incorporado adecuadamente en la enseñanza secundaria. Se muestran, además, las opiniones de un grupo de profesores en formación sobre la enseñanza de la Astrobiología.

Palabras clave: Astrobiología, origen de la vida, ufología, didáctica de las ciencias, libros de texto.

Abstract: In this work, a diagnosis evaluation of Astrobiology teaching is presented. We perform a textbook analysis of Biology and Geology (4º ESO) and Science for a Contemporary World (1º Bachillerato). The main aim is to check whether Astrobiology has been correctly incorporated into the secondary level. Besides, a group of pre-service teachers' opinions on the subject are presented.

Keywords: Astrobiology, origin of life, ufology, teaching of science, textbooks.

(Fecha de recepción: julio, 2015, y de aceptación: septiembre, 2015)

DOI: 10.7203/DCES.29.6678

1. *Introducción*

La Astrobiología es una rama científica que estudia el origen de la vida y su distribución en el universo. Pese a pretender responder a preguntas que nos han intrigado desde los más remotos tiempos, tales como ¿Cómo se originó la vida? o ¿Estamos solos en el universo?, la Astrobiología se considera una ciencia reciente por su planteamiento interdisciplinar, que aprovecha el avance experimentado por diferentes disciplinas para un objetivo común: el estudio de la vida, tanto en la Tierra como fuera de nuestro planeta. En este sentido, supone una nueva ruptura de la barrera entre lo terrestre y lo celeste. Por otra parte, las posibilidades tecnológicas actuales han permitido un desarrollo exponencial de nuestro conocimiento sobre el origen la vida y sobre la posibilidad de vida extraterrestre. La exploración espacial del último medio siglo posibilita que la Astrobiología esté viviendo una época de espectacular avance científico.

Sin embargo, el interés no se limita al ámbito científico. Regularmente aparecen en los medios de comunicación noticias sobre aspectos relacionados, como por ejemplo la detección de nuevos exoplanetas que podrían ser habitables, o resultados sobre la búsqueda de agua en el Sistema Solar. Además, la posibilidad de otras formas de vida tiene un protagonismo evidente en el cine y literatura de ciencia ficción (Petit y Solbes, 2012 y 2015). En general, se observa que la educación no formal (Pro

2005) constituye una fuente importante de conocimientos para los alumnos sobre el origen de la vida y su distribución en el universo. En el caso de la Astronomía, además, la ciudadanía recibe información de diversas fuentes, que en algunos casos pueden tener un planteamiento sensacionalista y/o especulativo, aun cuando se fundamente en ciertas bases científicas, pero se desconoce el papel exacto que puede estar jugando esta fuente de conocimiento en la educación del alumnado en materias astrobiológicas.

Por último, el problema del origen de la vida en la Tierra es un tema que históricamente ha estado relacionado con la religión y, así, el creacionismo ha constituido la explicación al origen de la vida durante siglos. Pero la teoría de la evolución de las especies es capaz de explicar un escenario para la formación de la vida independiente de la acción sobrenatural (Briones, 2010; Ayala, 2014). Pese a ello, en la actualidad, el creacionismo, o su versión remozada, el diseño inteligente, según el cual la complejidad y diversidad de la vida sólo puede comprenderse como el fruto del diseño de un ser inteligente (Editorial Nature, 2005), sigue presente en la sociedad. Su prevalencia depende del país; en España, un estudio internacional (Ipsos, 2010) indica que el 11% de las personas encuestadas se siente identificada con la idea de la creación divina y rechaza la teoría de la evolución. Por otra parte, la temática también se relaciona con diversas corrientes pseudocientíficas. Un 20 % de la población

española cree en la ufología, es decir, en que somos visitados por OVNI (Thomson Reuters, 2010). La posibilidad de encontrar vida fuera de la Tierra también tendría consecuencias religiosas y filosóficas que generan debate social (Campo, 2004).

Por todo ello, creemos que es necesario integrar la Astrobiología en la educación formal de manera actualizada. Es necesario que la sociedad reciba la formación básica para comprender los importantes avances científicos que recibe a través de los medios. Un tratamiento formal y actual de la Astrobiología ayudaría a evitar un posible desfase entre el avance de la ciencia y la alfabetización científica. La enseñanza de la Astrobiología en la escuela también facilitaría que el alumnado sea capaz de establecer los límites entre la realidad y la ciencia ficción, además de ayudarle a desarrollar un pensamiento crítico en relación con las ideas pseudocientíficas sobre el origen de la vida o la vida extraterrestre (Solbes, 2013). Sin embargo hay muy poca investigación al respecto.

Algunos autores (Carrapiço et al., 2002; Rodrigues y Carrapiço 2005) señalan el interés didáctico de la Astrobiología como propuesta para una enseñanza interdisciplinar, contextualizada, con temas de actualidad, que despiertan gran interés en la sociedad, y que constituye un excelente instrumento para mostrar la naturaleza de la ciencia y trabajar el pensamiento crítico.

En este trabajo se plantea un análisis diagnóstico para evaluar cómo se está enseñando la Astrobiología en la

enseñanza secundaria en nuestro país. En particular, se pretende responder a la pregunta: ¿Se ha incorporado adecuadamente y de forma actualizada la Astrobiología en el currículo oficial?

Para intentar responder esta pregunta, se ha realizado un análisis de los contenidos incluidos en los libros de texto de Biología y Geología de 4º de la ESO y de Ciencias para el Mundo Contemporáneo de 1º de Bachillerato. Es en estas asignaturas donde fundamentalmente se incorporan los temas relacionados con el origen de la vida y la exploración espacial. Este análisis se complementa con los resultados de un cuestionario aplicado a un grupo de profesores en formación para comprobar si consideran importante y necesaria la enseñanza de la Astrobiología en el aula.

Marco teórico

Numerosos trabajos confirman el desinterés de los alumnos por la ciencia y el consiguiente abandono de los estudios científicos (por ej. Rocard et al. 2007). Según Solbes et al. (2007) esto está causado por una combinación de factores, entre los que se encuentra la manera de enseñar ciencias, descontextualizada y con escasas prácticas.

Diversos autores (Díaz y Jiménez-Liso, 2012; Solbes y Vilches, 2004) proponen el tratamiento de temas denominados de ciencia para la ciudadanía, temáticas que tienen cierto interés actual, que podrían generar actitudes positivas hacia la ciencia (Gavidia, 2008), a la vez que conseguir una impli-

cación social que favorezca la participación ciudadana en la toma de decisiones. La inclusión de la dimensión técnica y social (Solbes y Vilches, 1997), y el uso de cuestiones sociocientíficas (Solbes 2013), permiten, por otra parte, mejorar las capacidades de pensamiento crítico del alumnado (Torres y Solbes, 2014) y preparan a los estudiantes para los problemas a los que se enfrentarán como ciudadanos (Redfors et al. 2009). Otros estudios (Dinov, 2008) proponen una enseñanza multidisciplinar de las ciencias como estrategia para interesar al alumnado y formar ciudadanos con un amplio e interrelacionado conocimiento científico.

La Astrobiología es una excelente propuesta para una enseñanza multidisciplinar, contextualizada y con temas de actualidad que despiertan un gran interés entre la sociedad en general (Burchell y Dartnell, 2009). Según Staley (2003), la fascinación por la Astrobiología se debe al propio objetivo de esta ciencia, que consiste en responder a las grandes preguntas metafísicas sobre nuestro origen y la existencia de vida fuera de la Tierra. Aprovechando el interés que despierta, sugiere incorporar su estudio en todos los niveles educativos, desde primaria a postgrado.

Los resultados de Redfors et al. (2009) indican que el tratamiento de cuestiones sociocientíficas, en este caso la búsqueda de vida fuera de la Tierra, mejora las capacidades de uso de argumentos científicos en la toma de decisiones. En este sentido, la Astrobiología puede ser una herramienta adecuada para la forma-

ción de futuros ciudadanos capacitados para participar en la sociedad.

Según Gil y Vilches (2005), es imprescindible incluir en la enseñanza de las ciencias aspectos sobre la naturaleza de la ciencia (NdC), de forma que se elimine la visión distorsionada y empobrecida que genera desinterés o rechazo hacia la misma. Y la Astrobiología lo permite ya que constituye un ejemplo de que la ciencia no está terminada ni es inmutable, de cómo la ciencia es intrínsecamente multidisciplinar, y que puede utilizarse para distinguir entre ciencia y creencias, en particular con respecto a la ufología o el creacionismo (Oliveira, 2008).

Otra forma de interesar al alumnado hacia la ciencia es una enseñanza impregnada de aspectos históricos y que considere las relaciones CTS (Solbes y Traver, 2003; Solbes y Vilches, 1997). La historia de la Astrobiología se remonta a la filosofía griega, en particular en cuanto a la discusión del lugar del hombre en el universo y el origen de la vida, y continúa con los principales episodios históricos de la astronomía (teoría heliocéntrica), la geología (tectónica de placas) y la biología (teoría de la evolución), sin olvidar la dependencia con el desarrollo técnico (uso del telescopio, exploración espacial).

Pese a todas las ventajas expuestas, la inclusión de la Astrobiología en la escuela no está exenta de dificultades. Staley (2003) hace referencia a: primero, la necesidad de preparar al profesorado en una materia que toca tantas y diversas áreas, segundo, a la necesidad

de desarrollar materiales educativos, y tercero, a la necesidad de una colaboración entre científicos y educadores para elaborar un currículo para la enseñanza de la Astrobiología. Rodrigues y Carrapiço (2006) indican que los mayores impedimentos para implementar la enseñanza de la Astrobiología en primaria y secundaria son la falta de formación del profesorado, los defensores del diseño inteligente, al menos en el ámbito norteamericano, que considera a la Astrobiología contraria a sus intereses y las dudas y preconcepciones que el alumnado tiene respecto a la definición de vida y sus limitaciones.

En base a estas dificultades de integración en el currículo, al hecho de ser un cuerpo de conocimientos tan reciente, así como a la escasez de propuestas didácticas e investigación en el área, se propone la siguiente hipótesis: *la Astrobiología no se ha incorporado adecuadamente y de forma actualizada en el currículo oficial.*

2. Metodología y muestras

Con la intención de comprobar la hipótesis formulada se ha planteado un diseño experimental que utilizará dos herramientas. La primera utiliza un cuestionario para el análisis de libros de texto de las asignaturas de Biología y Geología de 4º de la ESO (BG) y de Ciencias para el Mundo Contemporáneo de 1º de Bachillerato (CMC). Este cuestionario, pretende cubrir todos los aspectos relevantes para una adecuada enseñanza de la Astrobiología. Por otra

parte, este estudio se complementa con un segundo cuestionario aplicado a un grupo de profesores en formación, en donde se examina la importancia que atribuyen a la enseñanza de esta disciplina.

En cuanto a los libros de texto, se han analizado las asignaturas de BG de 4º de la ESO y de CMC de 1º de Bachillerato, puesto que éstas son las materias con mayor contenido relacionado con la Astrobiología. En el anexo I se incluyen las referencias de los 18 libros de texto (9+9) estudiados en este trabajo.

Por otra parte, se ha diseñado un cuestionario para valorar las opiniones de un grupo de profesores en formación sobre la enseñanza de la Astrobiología. La muestra consiste en 28 personas de perfil científico, formado fundamentalmente por químicos (8), físicos (7), ingenieros químicos (5), pero también otras ingenierías (Electrónica, Aeronáutica, Montes) y licenciaturas (Farmacia, Matemáticas, Cc Ambientales, Biología). En la Tabla 1 se muestra el número de personas con diferentes estudios universitarios. Todos ellos han sido alumnos del Máster en Formación del Profesorado de la Universitat de València durante el curso 2014-2015, dentro de la especialidad de Física y Química. Su reciente formación universitaria podría dar una idea de las concepciones de los alumnos sobre la temática.

Cuestionario de libros de texto

En la Tabla 1 se muestra el cuestionario diseñado para analizar el conte-

nido de los libros de texto. Éste ha sido aplicado a 9 libros de texto de Biología y Geología de 4º de la ESO y a 9 libros de Ciencias para el Mundo Contemporáneo de 1º de Bachillerato. En particular, se han analizado los libros de Biología y Geología de las editoriales: Santillana (Voramar), Santillana (La casa del saber), Oxford, Vicens Vivens, Ecir, Everest, Sm (Ecosfera), Anaya y Edebé. En el caso de la asignatura de Ciencias para el Mundo Contemporáneo, se han estudia-

do las editoriales: McGraw Hill, Oxford, Publicaciones UV, Gobierno de Canarias, Santillana (La casa del Saber), Ecir, Pearson Alhambra, Sm y Anaya.

Este cuestionario está diseñado para comprobar si los libros de texto analizados muestran una visión completa del conocimiento actual sobre la vida en el universo. Para su elaboración, se ha tenido en cuenta la propuesta de Rodrigues y Carrapiço (2005), adaptándola a los currículos españoles.

Tabla 1. Cuestionario aplicado a los libros de texto de las asignaturas de Biología y Geología de 4º de la ESO y de Ciencias para el Mundo Contemporáneo de 1º de Bachillerato.

Ítem	Pregunta
1	¿Qué porcentaje de páginas se dedica al tema?
2	¿Aparece explícitamente el término “Astrobiología”?
3	¿Se explica la teoría de formación del Sistema Solar?
4	¿Se nombra la época del gran bombardeo?
5	¿Se nombran los factores que hacen posible la vida en la Tierra?
6	¿Se dice la fecha de comienzo de la vida en la Tierra?
7	¿Se nombran pruebas que permiten datar el comienzo vida en Tierra?
8	¿Se explica la hipótesis de la panspermia?
9	¿Se explica el experimento de Miller?
10	¿Se explicita cómo eran los primeros seres vivos de la Tierra?
11	¿Se comenta cómo era la atmósfera terrestre inicial?
12	¿Se hace ejercicio de escala temporal para comprender cuándo surgió la vida?
13	¿Se mencionan los extremófilos?
14	¿Se exponen cuerpos del Sistema Solar con condiciones para la vida?
15	¿Se explica qué es la zona de habitabilidad?
16	¿Incluye datos actuales sobre la detección de exoplanetas?
17	¿Menciona la ecuación de Drake?
18	¿Menciona mensajes enviados o el programa SETI?
19	¿Se incluyen episodios de historia de la ciencia?
20	¿Se incluye algún ejemplo que muestre la relación entre ciencia y religión?
21	¿Incluye alguna noticia científica de actualidad?
22	¿Se discute la ufología?
23	¿Se comentan algún desarrollo técnico necesario para la búsqueda vida en el universo?

En concreto, el primero de los ítems analiza la proporción de páginas que los libros de texto dedican a algún aspecto de la Astrobiología. El segundo ítem comprueba si el mismo término “Astrobiología” aparece mencionado en el texto. Las preguntas 3-13 se relacionan con los contenidos sobre el origen de la vida en la Tierra; las preguntas 14-18 tratan sobre los resultados de la búsqueda de vida fuera de la Tierra; la pregunta 19 evalúa el contenido sobre aspectos históricos; las preguntas 20-23 analizan las relaciones CTS del tema.

La mayor parte de las respuestas (21 de 23) son dicotómicas (sí/no). Constituyen una excepción el ítem 1, que mide la fracción de páginas que cada libro dedica a la Astrobiología, y el ítem 5, que hace un recuento del número de factores favorables para la vida en la Tierra que se mencionan en cada libro de texto. En general, se acepta como respuesta desfavorable a nuestra hipótesis cuando el contenido analizado en el ítem se incluye correctamente en las páginas principales de un tema. En caso contrario, cuando la información sólo aparece en las páginas finales “extra” del tema o en los ejercicios, no se valora positivamente, aunque se comenta esta información en el análisis cualitativo. Como excepción, se han valorado positivamente la inclusión de noticias científicas (ítem 21) y la discusión de la ufología (ítem 22), independientemente de su localización dentro de un tema (páginas principales, extra o ejercicios). Este criterio ha sido adoptado tras un examen preliminar de los libros de texto, en el que se constata

la escasez de este tipo de contenidos; además, se trata de ítems de especial interés en el contexto de este trabajo, por tratar sobre aspectos que tienen gran impacto en la sociedad.

Los criterios de corrección y el análisis de resultados se establecieron de manera iterativa entre dos investigadores, alcanzando el máximo acuerdo tras varios análisis preliminares. Las respuestas a cada ítem se valoran positivamente cuando en un libro de texto aparece tratado, y lo hace correctamente. Los criterios específicos para considerar correcta una respuesta se detallan en la sección de resultados para cada pregunta del cuestionario (sección 3.1).

Cuestionario profesores en formación

En la Tabla 2 se incluye el cuestionario diseñado para profesores en formación, que consta de tres preguntas. La primera de ellas evalúa si dichos profesores piensan que cuestiones pseudocientíficas relacionadas con la Astrobiología, como es la ufología, puede ser un problema real en las aulas y si creen necesario cuestionarlo en clase. La segunda pregunta del cuestionario examina si los profesores son capaces de nombrar los factores que favorecen la vida en la Tierra, pregunta que requiere de una visión global sobre el origen y evolución de la vida en nuestro planeta, necesaria para la extrapolación a la búsqueda de vida fuera de la Tierra. Por último, la tercera pregunta intenta determinar la importancia que los profesores otorgan a la enseñanza de la Astrobiología.

Tabla 2. Cuestionario aplicada al grupo de profesores en formación.

Ítem	Pregunta
1	¿Piensas que el alumnado cree que han llegado a la Tierra extraterrestres y OVNI's? ¿Habría que cuestionarlo? ¿Cómo?
2	Nombra los factores que favorecen la vida en la Tierra
3	¿Es importante enseñar Astrobiología a todo el alumnado? ¿Por qué?

3. Resultados

A continuación se muestran los resultados obtenidos del análisis de los libros de texto y de los cuestionarios a profesores en formación.

Resultados del análisis de libros

Los libros de biología de 4º de la ESO tratan aspectos relacionados con la Astrobiología en dos temas diferentes: i) el tema de “Evolución”, centrado en la teoría de la evolución de Darwin, suele comenzar con un apartado dedicado a las teorías sobre el origen de la vida; ii) en el tema de “Historia de la Tierra”, se explica la formación de nuestro planeta y las eras en que se divide su historia, se describen las especies que predominan en cada período y, por lo tanto, se explican los primeros seres vivos y su localización temporal.

En cinco libros el tema de la Evolución aparece antes que el de Historia de la Tierra, pero en el resto es al contrario. En ningún libro de los analizados un tema va inmediatamente después del otro, lo cual indica que en los libros de BG se muestra la formación y evolución de la Tierra y de la vida

como episodios independientes y sin relación, es decir, que los contenidos de astrobiología se incluyen muy desligados. Únicamente en uno de los 9 libros de BG el primer tema tratado es uno de los que aquí nos interesan (en particular, el de “Historia de la Tierra”). En 5 de los 9 libros, el tema de “Historia de la Tierra” es el último que se incluye en la edición. Esto supone que existe el peligro de que, en la práctica, el tema de la Historia de la Tierra no se imparta por falta de tiempo.

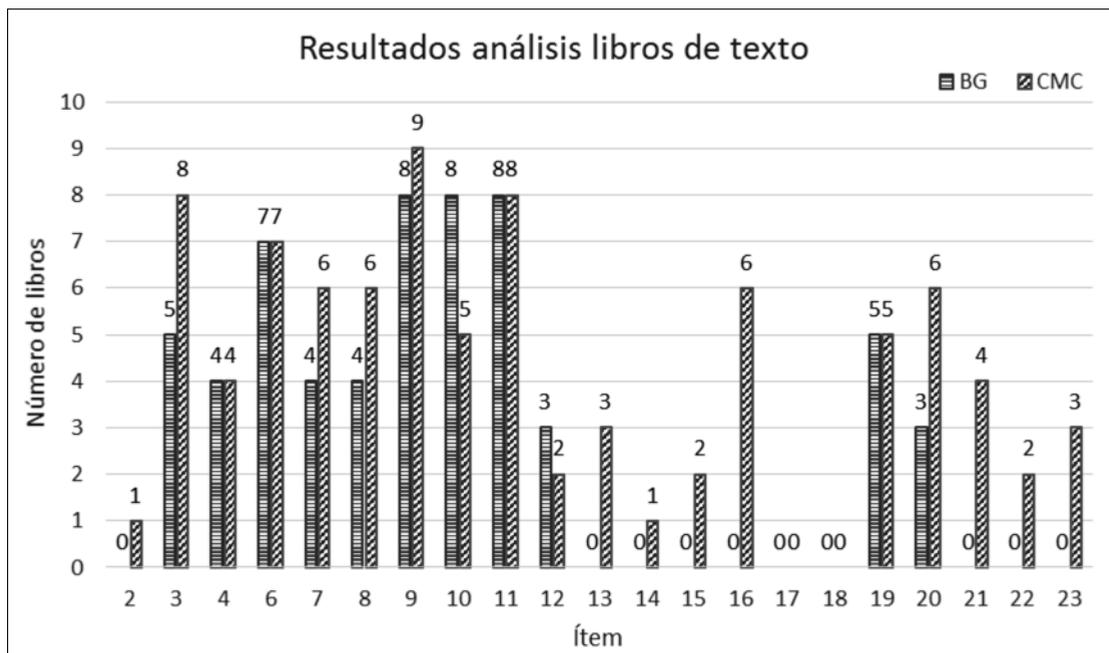
En los libros de CMC se encuentra más diversidad en cuanto a la distribución de contenidos que en los libros de BG. Tres libros incluyen todo el contenido relacionado con la Astrobiología en un único tema (“Nuestro lugar en el universo”); otros tres lo reparten entre éste y “El origen y evolución de la vida”; dos libros añaden un tercer tema sobre la formación de la Tierra. Un último libro distribuye los contenidos entre los temas “Las estrellas, planetas y la vida”, “La vida en cambio permanente” y “De la química a la biología”. En todos los libros los contenidos se encuentran al principio.

A continuación se describen los resultados de la aplicación del cuestio-

nario (Tabla 1) a los libros de texto. En la Figura 1 se muestra el resultado del análisis cuantitativo de libros con respuesta positiva para cada ítem. El eje vertical indica el número de libros que tratan adecuadamente cada uno de los

ítems del cuestionario, mostrados en el eje horizontal. En la figura se incluyen tanto los libros de BG como los de CMC, de manera que es posible comparar su diferente contribución a la enseñanza de la Astrobiología.

Figura 1. Resultados del análisis de libros de texto de Biología y Geología de 4º de la ESO (BG) y Ciencias para el mundo contemporáneo de 1º de Bachillerato (CMC). (N=9+9)



En lo que sigue, se describen en detalle los resultados observados para cada pregunta del cuestionario.

1. ¿Qué porcentaje de páginas se dedica al tema?

Dado que los contenidos relacionados con la Astrobiología suelen estar distribuidos en varios temas, a la hora

de calcular el porcentaje de páginas dedicadas, sólo se han tenido en cuenta las que estrictamente tienen relación con los objetivos de este estudio.

Libros de BG. En términos absolutos, los libros analizados dedican entre 4 y 10 páginas, que se traduce a un porcentaje de entre el 2,2 y el 4,1% del contenido total de cada libro.

Libros de CMC. Los libros analizados dedican entre 8 y 22 páginas, que equivale a un porcentaje de entre el 4 y el 7,7% del número total de páginas.

2. *¿Aparece explícitamente el término “Astrobiología”?*

Libros de BG. No aparece en ninguno de los libros analizados.

Libros de CMC. Únicamente en un libro podemos encontrar el término “Astrobiología”, en donde aparece explicado en un lateral al tratar el origen de la vida. Sin embargo, también podemos encontrarlo marginalmente en otros tres libros. En uno de ellos aparece en el enunciado de un ejercicio propuesto para comentar una noticia científica. En el segundo, el término “Astrobiología” aparece también al final del tema, en la introducción de un debate sobre la existencia de vida extraterrestre; en este mismo libro también aparece en las páginas principales del tema del origen de la vida, donde se incluye un enlace a una web de Astrobiología que no está actualizado. En el tercer libro, en un lateral de una página, se encuentra un enlace bajo la etiqueta “*Noticias relacionadas con la Astrobiología*”, sin dar más detalle, que dirige a una web de noticias sobre astronomía y el espacio.

3. *¿Se explica la teoría de formación del Sistema Solar?*

Una respuesta a este ítem se considera válida cuando se explica la teoría nebular. Para ello se considera necesario

incluir información suficiente, de manera que explicaciones de una frase no se puntúan positivamente. En muchas ocasiones la explicación de la formación del Sistema Solar viene acompañada de una imagen mostrando un esquema del Sistema Solar como resultado del proceso de formación. No se ha penalizado la falta de escala de distancias entre los planetas, sabiendo la dificultad que presenta mostrarlo adecuadamente (Solbes y Palomar, 2013). Se ha comprobado, sin embargo, que al menos los planetas interiores se representan con órbitas más próximas entre ellas que las órbitas de los planetas exteriores.

Libros de BG. La formación del Sistema Solar se trata en todos los libros analizados de BG de 4º de la ESO, si bien la calidad es muy diferente. La explicación de la formación del Sistema Solar se ha valorado positivamente en 5 libros.

Se han valorado negativamente, por considerar la explicación insuficiente, casos como: “*la Tierra, el Sol y otros astros del Sistema Solar se formaron a partir de una nebulosa de gas y polvo*” o “*los planetas se formaron al irse agregando cuerpos rocosos*”. Un libro se ha valorado negativamente debido a que la imagen que acompaña el texto es confusa y dificulta la comprensión del proceso de formación del Sistema Solar. Otro libro se ha valorado negativamente porque la imagen que acompaña al texto muestra un sistema planetario resultante con las órbitas planetarias equiespaciadas.

Libros de CMC. Todos los libros, salvo uno, explican la teoría de formación del Sistema Solar. Tres libros no

acompañan la explicación de ninguna imagen, mientras que dos muestran imágenes de discos protoplanetarios, y tres incluyen una imagen explicativa del proceso de formación y el sistema planetario resultante.

4. *¿Se nombra la época del gran bombardeo?*

Este ítem se valora positivamente cuando queda claro que existió una fase concreta de especial intensidad en el número de impactos de meteoritos, aunque no necesariamente se explicita el término “gran bombardeo”.

Libros de BG. Casi todos los libros analizados (8) explican que en las primeras etapas de la Tierra, sobre nuestro planeta impactaban meteoritos. Sin embargo, no todos especifican que existió una época concreta o fase especialmente intensa de impacto de meteoritos. Se han valorado positivamente explicaciones como *“existió también un bombardeo de meteoritos, atraídos por fuerzas gravitacionales, en los primeros momentos [...] Hasta que hace unos 3800 Ma cesó dicho bombardeo y se constituyó la primera corteza estable”*. No se han considerado correctas, por considerarlas insuficientes, explicaciones del tipo *“Durante*

muchos millones de años después de su formación, la Tierra siguió recibiendo impactos de meteoritos”.

Libros de CMC. Sólo cuatro de los nueve libros reflejan adecuadamente una fase concreta de aumento de impacto de meteoritos sobre la Tierra. De ellos, únicamente dos son específicos en cuanto a su localización temporal. No se han considerado válidas explicaciones como: *“Durante muchos millones de años después de su formación, la Tierra primitiva continuó recibiendo numerosos impactos de planetesimales”*, ya que no hacen referencia a una época concreta y especialmente intensa de impactos de meteoritos.

5. *¿Se nombran los factores que hacen posible la vida en la Tierra?*

Libros de BG. No aparece en ninguno de los capítulos analizados de los libros.

Libros de CMC. En la siguiente tabla se indica el número de libros según el número de factores que nombra. Como se observa, en dos libros no se nombra ningún factor que favorezca la vida en la Tierra. Por otra parte, hay que destacar que dos libros nombran hasta 7 factores importantes para la vida.

Tabla 3. Número de libros de BG y de CMC en función del número de factores que hacen posible la vida en la Tierra que nombran.

Número de factores	0	1	2	3	4
Nº de libros de BG	9	0	0	0	0
Nº de libros de CMC	2	1	1	1	4

Entre los factores más nombrados encontramos: una adecuada distancia entre la Tierra y el Sol (5 veces), la existencia de agua (4 veces), el tipo de estrella (3 veces), la energía procedente del Sol (2 veces), una temperatura adecuada (2 veces), el campo magnético terrestre (2 veces) y la dinámica terrestre (2 veces). Otros factores que aparecen nombrados en alguno de los libros son: la masa del planeta, la existencia de atmósfera, la composición atmosférica, la presencia de la Luna o de un planeta grande tipo Júpiter, la existencia de compuestos orgánicos y la posición en la galaxia.

6. *¿Se dice la fecha de comienzo de la vida en la Tierra?*

Libros de BG. Sólo uno de los 9 libros analizados no explicita una fecha estimada de comienzo de la vida en la Tierra. Sin embargo, un libro expone que la vida surgió en un rango de fechas entre los 3400 y 3200Ma, que se considera demasiado tarde, y por ello se ha valorado negativamente. La fecha que más aparece en los libros para fijar el comienzo de la vida es 3800 Millones de años (Ma), en tres ocasiones, mientras que en otros libros aparecen fechas entre 4000 y 3400 Ma.

Libros de CMC. Únicamente dos libros no nombran explícitamente cuándo comenzó la vida en la Tierra, si bien uno de ellos incluye este dato en el enunciado de un ejercicio al final del tema. De los siete libros que sí explicitan la fecha del origen de la vida, tres

la sitúan hace 3500 Ma y el resto dentro del rango 4000-3500 Ma.

7. *¿Se nombran pruebas que permiten datar el comienzo vida en Tierra?*

Libros de BG. Cinco libros de los 9 no nombran ninguna prueba que ayude a acotar la fecha en la que surgió la vida en la Tierra. En los cuatro libros que sí lo hacen, en todos se indica la existencia de los fósiles más antiguos y en dos de ellos se mencionan explícitamente los estromatolitos, mientras que en los otros dos se incluye una imagen de éstos, pero sin mencionarlos ni explicarlos en el texto principal.

Libros de CMC. Tres libros no mencionan ninguna de las pruebas que permiten conocer cuándo comenzó la vida en la Tierra. En uno de ellos, sin embargo, se propone un ejercicio al final del tema para la búsqueda de información sobre las rocas de Isua y los estromatolitos. En dos libros se explica que la acotación se basa en los fósiles más antiguos encontrados. Cuatro libros son un poco más específicos, nombrando bien las rocas sedimentarias (en tres ocasiones) o los estromatolitos (en una ocasión).

8. *¿Se explica la hipótesis de la panspermia?*

Libros de BG. Tres de los nueve libros no menciona la hipótesis de la panspermia al explicar el posible origen de la vida. Otros dos libros únicamente

incluyen una escueta frase del tipo “*La vida procede de otro lugar del universo*”, que no se ha considerado válida al no aportar información más completa sobre cómo pudo haber llegado la vida desde el espacio a la Tierra. Finalmente, cuatro libros sí incluyen adecuadamente la hipótesis de la panspermia, con explicaciones del estilo “*La teoría de la panspermia atribuye el comienzo de la vida en nuestro planeta a la llegada de esporas o de otras formas de resistencia de microorganismos, en el interior de meteoritos. A partir de ellas se formarían el resto de los seres vivos*”.

Libros de CMC. En seis libros de texto se incluye la panspermia como una de las hipótesis sobre el origen de la vida en la Tierra, aunque en uno de estos libros la panspermia aparece descrita en un lateral del texto principal.

9. *¿Se explica el experimento de Miller?*

Libros de BG. El experimento de Miller se encuentra en general adecuadamente explicado en los libros de BG de 4º de la ESO. Únicamente en un libro de texto no hay referencia alguna a este experimento. En otro de los libros, la experiencia de Miller aparece descrita en el texto, pero la imagen explicativa sólo aparece en uno de los ejercicios finales del tema. En el resto de libros aparece la explicación acompañada de una imagen del montaje experimental.

Libros de CMC. El experimento de Miller se describe correctamente en todos los libros analizados. En seis libros

se incluye una imagen con el montaje del experimento, frente a tres libros que no incluyen ninguna imagen explicativa.

10. *¿Se explicita cómo eran los primeros seres vivos de la Tierra?*

Libros de BG. Únicamente en uno de los nueve libros no se dice explícitamente cómo eran los primeros seres vivos de la Tierra. De los ocho restantes, seis explicitan que los primeros seres vivos eran bacterias, un libro dice que eran “*procariontes y fermentadores*” y otro sólo hace referencia al “*progenote, origen de todas las células*”, todas estas opciones valoradas positivamente.

Libros de CMC. En cinco libros se describen los primeros seres vivos como de tipo bacteriano o procariota. En otro libro únicamente se dice que los primeros seres vivos eran unicelulares, mientras que en tres libros no se especifica cómo eran los primeros organismos vivos.

11. *¿Se comenta cómo era la atmósfera terrestre inicial?*

Libros de BG. Un libro sólo menciona que debido a la aparición de microorganismos fotosintetizadores la atmósfera se enriqueció en oxígeno, pero no describe cómo era la atmósfera inicial, por lo que se ha valorado negativamente. Tres libros sí describen la atmósfera de la Tierra primitiva, y explican los cambios en su composición, describiendo la influencia de los organismos vivos. Cinco libros, además, mencionan la formación de la capa de ozono.

Libros de CMC. Todos los libros, excepto uno, describen cómo sería la atmósfera terrestre inicial. De estos ocho libros, cuatro mencionan los cambios en esta atmósfera debido a la acción biológica, en concreto el aumento de oxígeno. Por otra parte, en cuatro libros de texto se menciona que el incremento de fracción de oxígeno en la atmósfera propició la creación de la capa de ozono.

12. *¿Se hace ejercicio de escala temporal para comprender cuándo surgió la vida?*

Libros de BG. De los 9 libros analizados, solamente 3 hacen algún tipo de ejercicio para comprender la escala temporal de la historia de la Tierra y la vida. Los ejercicios planteados son, o bien un reloj con sus 12 (o 24) horas, o bien un calendario anual. Otro de los libros muestra un ejercicio de escala temporal, en concreto un calendario anual, pero sitúa erróneamente la aparición de la vida en el mes de abril. Hay que mencionar que en la mayor parte de los libros aparece una imagen a modo de esquema con las eras geológicas y el tipo de seres vivos predominantes en cada una. El eje temporal de estos esquemas nunca está escalado, lo cual no beneficia la comprensión del origen y evolución de la vida en la Tierra.

Libros de CMC. Solamente dos libros hacen algún tipo de ejercicio para comprender la escala temporal de la aparición de la vida, aunque en otros dos libros se propone esta actividad como ejercicio al final del tema. En un caso se

propone un calendario anual y en otro la realización de un eje cronológico. En un libro el eje temporal dentro del esquema de los seres vivos predominantes en cada era se muestra en escala logarítmica.

13. *¿Se mencionan los extremófilos?*

Libros de BG. No aparece en ninguno de los libros analizados.

Libros de CMC. Los extremófilos aparecen mencionados solamente en tres libros de texto, si bien otros dos libros los mencionan en algún ejercicio al final del tema. A modo de ejemplo que se ha considerado correcto, un libro menciona: *“Ya se han descubierto algunas bacterias que se aproximan al perfil de viajero interplanetario, como el caso bien conocido de la llamada *Deinococcus radiodurans*, una bacteria que resiste sin inmutarse dosis de radiación que matarían a una persona”*.

14. *¿Se exponen cuerpos del Sistema Solar con condiciones para la vida?*

El criterio adoptado para una valoración positiva en este ítem consiste en una descripción de las condiciones de al menos dos cuerpos del Sistema Solar. La descripción de un único cuerpo se ha considerado insuficiente, por comparación con el estado actual de conocimiento y exploración científica de los diferentes cuerpos de nuestro Sistema Solar.

Libros de BG. No aparece en ninguno de los libros analizados.

Libros de CMC. Solamente se ha valorado positivamente un libro, al

mencionar los índices de habitabilidad de Titán y Marte, incluyendo también a Europa en una imagen. Otros dos libros únicamente tratan el caso de Marte, lo cual se considera insuficiente. En uno de éstos, en las páginas finales del tema se nombran cuerpos como Europa, Ganímedes, Calixto y Encélado. En otro libro, se describen las propiedades favorables para la vida de Marte y Europa en las páginas finales del tema.

15. *¿Se explica qué es la zona de habitabilidad?*

Libros de BG. No aparece en ninguno de los libros analizados.

Libros de CMC. La explicación del concepto de zona de habitabilidad se encuentra sólo en dos libros, en un tercero aparece en un ejercicio al final del tema.

16. *¿Incluye datos actuales sobre la detección de exoplanetas?*

Libros de BG. No aparece en ninguno de los libros analizados.

Libros de CMC. La mayor parte de los libros (6 de 9) incluye el descubrimiento de planetas extrasolares, y dan una estimación del número de estos cuerpos que se conocen. Se suele mencionar que el número de exoplanetas conocidos aumenta muy rápidamente, por lo que esa cifra es válida a fecha de la edición del libro.

17. *¿Menciona la ecuación de Drake?*

Libros de BG. No aparece en ninguno de los libros analizados.

Libros de CMC. La ecuación de Drake, o posibilidad de detectar alguna civilización extraterrestre, no aparece incluida en ninguno de los libros analizados. En dos de ellos, sin embargo, sí aparece en un ejercicio al final del tema.

18. *¿Menciona mensajes enviados o el programa SETI?*

Libros de BG. No aparece en ninguno de los libros analizados.

Libros de CMC. El instituto SETI aparece marginalmente mencionado en tres ocasiones: dentro de una entrevista a una científica, dentro de la biografía de Carl Sagan, o al hablar del Allen Telescope Array (ATA) en las páginas finales de un tema. No aparece en ningún caso cualquiera de los ejemplos de señales enviadas a posibles civilizaciones extraterrestres ni en qué consiste la búsqueda de señales procedentes de otras civilizaciones.

19. *¿Se incluyen episodios de historia de la ciencia?*

Se valora positivamente cuando en un libro aparezcan aspectos históricos relativos como mínimo a dos temáticas diferentes. No se considera válido cuando únicamente se incluyan episodios históricos de una temática. La importancia del uso de la historia de la ciencia en la enseñanza ha sido reconocida desde hace tiempo (Solbes y Traver, 2003) como instrumento para interesar al alumno, contextualizar la ciencia o dar una visión más realista

del funcionamiento de la ciencia, entre otros. Dada su importancia, se considera imprescindible que los libros de texto incorporen esta aportación de la investigación didáctica. Por este motivo, en este trabajo se ha adoptado el criterio de que un libro utiliza la herramienta de la historia de la ciencia cuando presenta un mínimo de dos temáticas.

Libros de BG. Los episodios históricos que aparecen en los libros de BG de 4º de la ESO son: i) el debate sobre el origen de la vida, donde pueden aparecer los experimentos de Redi y Pasteur sobre la generación espontánea, o el de Miller sobre la hipótesis de Oparin, y ii) el debate sobre la edad de la Tierra, en el que se pueden nombrar los intentos de James Hutton, Charles Lyell, William Thomson (Lord Kelvin) o Thomas Huxley para intentar estimar la edad de la Tierra. En cinco libros de los analizados se incluyen ambos temas, en tres libros se introducen aspectos históricos sobre el origen de la vida, pero no sobre la datación de la Tierra, mientras que en un libro no aparece mención a ninguno de estos episodios históricos. El experimento de Redi aparece en cinco de los nueve libros, mientras que el de Pasteur se explica en siete libros. En uno de los libros se propone como ejercicio que los alumnos busquen información sobre la disputa entre Lazzaro Spallanzani y John Needham acerca de la generación espontánea. Alguno(-s) de los personajes históricos que contribuyeron a la datación de la edad de la Tierra aparecen en 5 de los 9 libros analizados. En un libro se propone

como trabajo práctico al final del tema que los alumnos reproduzcan el cálculo de la edad de la Tierra basándose en el ritmo de sedimentación de material, tal y como hizo John Phillips.

Libros de CMC. Ocho de los nueve libros incluyen al menos un episodio de historia de las ciencias; cinco de ellos tratan sobre al menos dos temáticas históricas diferentes. Las aportaciones históricas en los libros de CMC son variadas. El tema más común es sobre el origen de la vida, mencionando a Oparin y/o experimentos sobre la generación espontánea (en cinco libros), seguido por el tema de la historia de la exploración del Sistema Solar (en tres libros). También se encuentran descripciones históricas sobre: la teoría de formación del Sistema Solar (teoría catastrofista vs evolutiva), la evolución de la definición de la vida, la datación de la edad de la Tierra, la biografía de Carl Sagan, el origen de la teoría de la panspermia, el descubrimiento de compuestos orgánicos en meteoritos o el análisis de un texto histórico de Giordano Bruno sobre la pluralidad de mundos y una cita de Carl Sagan sobre la existencia de vida extraterrestre.

20. ¿Se incluye algún ejemplo que muestre la relación entre ciencia y religión?

Libros de BG. En todos los libros de texto aparece de una u otra manera el tema del creacionismo, pero sólo en dos se presenta adecuadamente y dentro del cuerpo principal del texto. En dos de los

libros sólo se plantea como una pregunta/ejercicio en el lateral del texto donde se explica el origen de la vida. En otro libro, al final del tema, se propone la lectura de un texto crítico con el creacionismo y se proponen unas preguntas. En 4 libros de texto se explica el creacionismo en el texto, pero no se explicita que esta teoría sea incorrecta o se cuestiona claramente. Otro aspecto que relaciona ciencia y religión que aparece en los libros de BG es la datación de la Tierra según una interpretación literal de la Biblia. Esta cuestión aparece en dos de los nueve libros estudiados. En uno de los libros, en un ejercicio de escala temporal sobre el origen de la vida se debe situar el nacimiento de Cristo en el eje de tiempo, además de otros hechos evolutivos relevantes.

Libros de CMC. En seis de los nueve libros se plantea y cuestiona el creacionismo en relación con el origen de la vida. En otro libro se propone un debate al final del tema partiendo de un artículo sobre el Diseño Inteligente. En los otros dos libros no aparece ningún ejemplo de relación entre ciencia y religión.

21. ¿Incluye alguna noticia científica de actualidad?

Como se ha indicado anteriormente, este ítem se ha valorado positivamente cuando aparezca en un libro de texto, independientemente de si se trata en las páginas principales de un tema o en las páginas “extra” que suelen incluirse al final de cada capítulo.

Libros de BG. No aparece en ninguno de los libros analizados.

Libros de CMC. En cuatro libros podemos encontrar alguna noticia científica de actualidad relacionada con la Astrobiología. En un caso aparece una entrevista a una científica que estudia los cuerpos menores del Sistema Solar y su presencia de agua, así como una noticia sobre la química del carbono. En otro libro se encuentra una noticia sobre la detección de un exoplaneta similar a la Tierra. En un tercer libro se incluye una noticia sobre el satélite Corot, cuyo objetivo es la búsqueda de exoplanetas. Por último, en el cuarto libro se incluyen varias noticias: sobre la existencia de agua en Marte, sobre la detección de exoplanetas o sobre los estudios de extremófilos en el río Tinto. En cinco libros no aparece ninguna noticia científica relacionada con la Astrobiología.

22. ¿Se discute la ufología?

Este ítem es otra de las excepciones a los criterios de corrección, al valorarse positivamente cuando aparezca en un libro de texto, independientemente de si se trata en las páginas principales de un tema o en las páginas “extra” que suelen incluirse al final de cada capítulo.

Libros de BG. No aparece en ninguno de los libros analizados.

Libros de CMC. La discusión sobre la ufología sólo se encuentra en dos libros, en uno de ellos esta cuestión aparece en las páginas de “Ciència al Carrer” del final del tema. En uno de los casos se incluye una sección defendien-

do la falta de sustento científico del mito OVNI, equiparándolo a otras creencias como las hadas o los ángeles. En el otro libro, se resalta que nunca se encuentre un astrónomo entre los que aseguran haber visto un OVNI; después de describir una disposición de antenas de ondas de radio (*array*) destinadas a la búsqueda de señales de extraterrestres, plantea un ejercicio de razonamiento sobre la coherencia de “*creer en la existencia de vida extraterrestre y negar la existencia de ovis*”. En siete libros no aparece referencia alguna a los OVNI. Se pierde así una ocasión privilegiada para utilizar el pensamiento crítico en las clases de Ciencias, al no cuestionar una creencia o pseudociencia que tiene una cierta presencia social, como hemos visto.

23. *¿Se comentan algún desarrollo técnico necesario para la búsqueda de vida en el universo?*

Libros de BG. No aparece en ninguno de los libros analizados.

Libros de CMC. En cinco libros no se hace alusión alguna a desarrollos técnicos que son necesarios para avanzar en la comprensión de la vida en el universo. En uno de estos libros destaca de manera generalista que el desarrollo técnico facilitará la detección de planetas cada vez más pequeños. En tres libros sí se hace alusión a algún telescopio relacionado con la búsqueda de exoplanetas (Kepler, GTC) o con la búsqueda de señales de comunicación extraterrestre (ATA).

Resultados cuestionarios profesores en formación

En esta sección se describen los resultados del análisis del cuestionario (Tabla 3) aplicado a la muestra de profesores en formación.

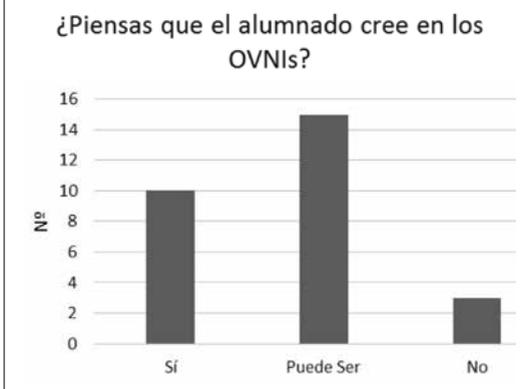
1. *¿Piensas que el alumnado cree que han llegado a la Tierra extraterrestres y OVNI? ¿Habría que cuestionarlo? ¿Cómo?*

Diez profesores en formación (35%) piensan que parte de su futuro alumnado cree en los OVNI o que los extraterrestres han llegado a la Tierra. Otros 15 (54%) piensan que “*podría ser*” que una parte del alumnado crea en la ufología. Entre aquellos que piensan que sí, dos de ellos indican que esperan que “*bastante parte*” o “*un gran número*” del alumnado creará en la existencia de OVNI. Por el contrario, 6 profesores en formación señalan que esperan que sólo “*una minoría*” de alumnos tengan estas creencias. El resto no comenta sobre el posible porcentaje de alumnos. Por otra parte, dos profesores indican que creen que la creencia en los OVNI puede ser un problema de los primeros cursos de la ESO o en primaria, pero no para el resto.

Tan sólo 3 profesores en formación piensan que su futuro alumnado no cree en la veracidad del fenómeno OVNI. Uno de ellos señala que “*lo ven más como una cosa de las películas de ciencia ficción*”, lo que sugiere que los alumnos saben distinguir entre la realidad y la ficción. Otro de estos profesores, a pesar de creer que el alumnado no presenta este pro-

blema, considera importante trabajar el tema en clase. En la Figura 2 se muestra en forma de diagrama de barras el número de profesores en formación que sí cree que su futuro alumnado cree en la existencia de los OVNI, frente a aquellos que piensan que “puede ser” y los que creen que “no”.

Figura 2. Resultados del ítem 1 del cuestionario de profesores en formación: número de profesores que creen que su futuro alumnado cree en los OVNI. (N=28)

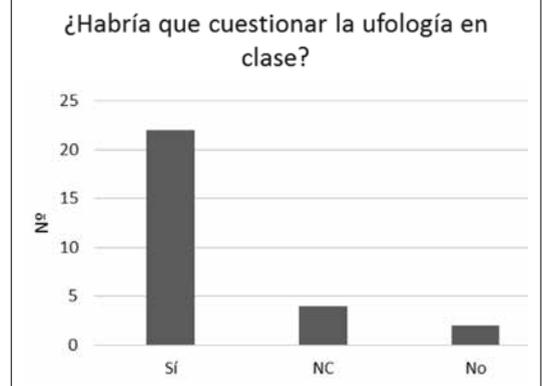


Algunos profesores indican que el alumnado puede creer en los OVNI debido a la influencia de: los medios de comunicación (tv, radio), factor nombrado en 10 ocasiones; las películas (nombrado en 4 ocasiones); los videos (en 2 ocasiones); dos profesores dicen que los alumnos “*siempre conocen a alguien que le ha pasado algo relacionado*”. Otros factores nombrados son la existencia de fotografías, la influencia de internet y las revistas, todos ellos nombrados en

una ocasión. En general, se destaca el papel de la educación no formal en la visión del alumnado sobre la ufología, de hecho, el término “educación no formal” aparece explícitamente en las respuestas de 3 profesores.

Del total de los profesores en formación encuestados, 22 (79%) piensan que habría que cuestionar la ufología en clase, mientras que sólo dos personas no lo creen necesario y cuatro personas (14%) no contestan esta pregunta, tal y como se muestra en la Figura 3.

Figura 3. Número de profesores en formación que considera que habría que cuestionar la ufología en clase, frente a los que no lo considera importante. Se muestra también el número de casos que no contestan sobre esta cuestión (NC). (N=28)



Algunos profesores indican el interés de cuestionar la ufología en clase ya que “*es una manera de motivar y de hacerles razonar*”, “*los alumnos pueden hacer hipótesis y plantearse preguntas*”, “*para que [los alumnos] puedan argumentar*

sus razones y refutar las de otros”, para *“la formación de ciudadanos críticos y bien informados”* o *“para formar ciudadanos con una cultura media decente”*. Como se puede observar, la muestra de profesores argumenta el interés de cuestionar la ufología en clase en base a la motivación, a las posibilidades de trabajar la argumentación y el pensamiento crítico, y por su contribución a la alfabetización científica de todo ciudadano.

La lista de herramientas para cuestionar la ufología en clase propuesta por los profesores en formación está formada por: debates; encuestas o cuestionarios; enseñanza de Astrobiología, que incluye las condiciones para la existencia de vida fuera de la Tierra, la probabilidad de que haya vida extraterrestre y la detección de exoplanetas; visionado de documentales o videos de apoyo; enseñanza de la Astronomía; planteamiento de pequeñas investigaciones; visionado de películas de ciencia ficción, aunque siempre dejando clara la diferencia entre realidad y ciencia ficción; enseñanza de la historia y filosofía de la ciencia.

2. Nombra los factores que favorecen la vida en la Tierra

En la siguiente tabla (Tabla 5) se muestra el número de profesores que responden con distinto número de factores que posibilitan la vida en la Tierra. Se observa que los profesores son capaces de nombrar al menos dos factores necesarios para la vida, aunque mayoritariamente nombran entre 3 y 4 factores, lo cual sugiere que los profe-

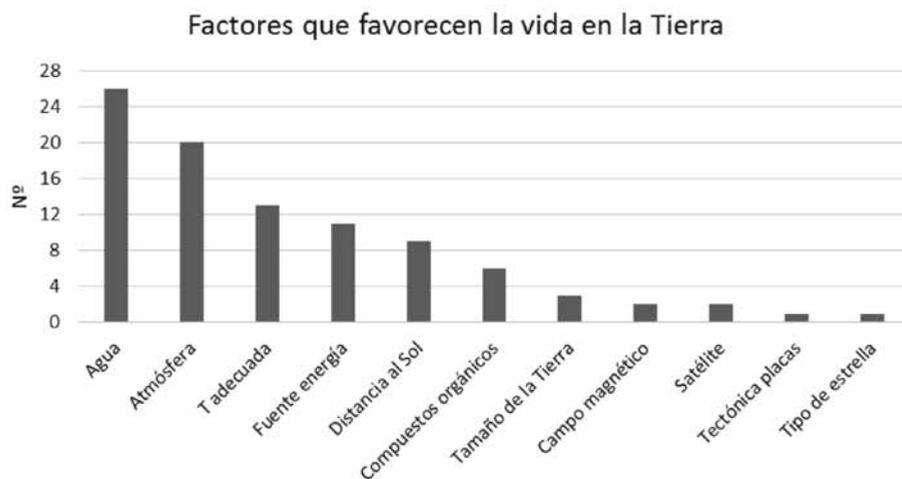
sores tienen una visión global sobre la vida y su dependencia con las condiciones ambientales.

Tabla 4. Número de profesores en formación en función del número de factores necesarios para la vida que enumeran.

Nº factores	Nº de profesores en formación
2	4
3	11
4	10
5	1
6	2

En la Figura 4 se muestran los factores más nombrados. 26 profesores (93%) identifican la presencia de agua como un factor determinante para la vida, y 20 profesores (71%) señalan la importancia de la atmósfera. Una temperatura adecuada es señalada por el 46% de los encuestados y la existencia de una fuente de energía como el Sol aparece en el 39% de las respuestas. Otros factores nombrados, por orden de frecuencia son: una adecuada distancia al Sol (32%), la existencia de compuestos orgánicos (21%), el tamaño de nuestro planeta (11%), el campo magnético terrestre (7%), la existencia de un satélite como la Luna (7%), y la tectónica de placas y el tipo de estrella que orbitamos, ambos nombrados en una ocasión. En conjunto, prácticamente se completa la lista de factores que favorecen la vida

Figura 4. Número de veces que cada uno de los factores necesarios para la vida son nombrados por los profesores en formación. (N=28)



en la Tierra, únicamente faltaría por nombrar nuestra posición en la galaxia, alejada de las emisiones de alta energía del centro galáctico.

Doce profesores en formación (43%) responden que el oxígeno es un factor fundamental para la vida. Esto se ha considerado incorrecto ya que no todas las formas de vida dependen del oxígeno y además, la vida surgió en condiciones anaerobias. Igualmente, se ha considerado incorrecta la respuesta sobre la capa de ozono, mencionada en el 18% de los casos, ya que ha sido formada con posterioridad a la aparición de la vida.

Otras dos personas indican como factor la “*composición de la atmósfera*”, o más concretamente, “*relación O_2/N_2 en el aire*”. Esto también se ha considerado como incorrecto, ya que la composición de la atmósfera ha variado consi-

derablemente desde la formación de la Tierra hasta nuestros días, si bien es verdad que ciertas alteraciones en la composición atmosférica podrían provocar un efecto invernadero con consecuencias fatales para la vida.

Otros factores que se han considerado incorrectos en este ejercicio son: la existencia de “*elementos químicos*”, en general, cuya mera existencia no implica la generación de la vida, respuesta que es similar a: “*composición de la Tierra*”, o bien algunos elementos químicos o moléculas en particular, como el N_2 , H, C, CO_2 , K ó Ca, que, aunque necesarios para la vida, no son exclusivos de nuestro planeta habitado. Minoritariamente, también aparecen respuestas como: “*suelos fértiles*”, “*biodiversidad en los ecosistemas*” y “*animales y vegeta-*

les”, también consideradas incorrectas en este contexto.

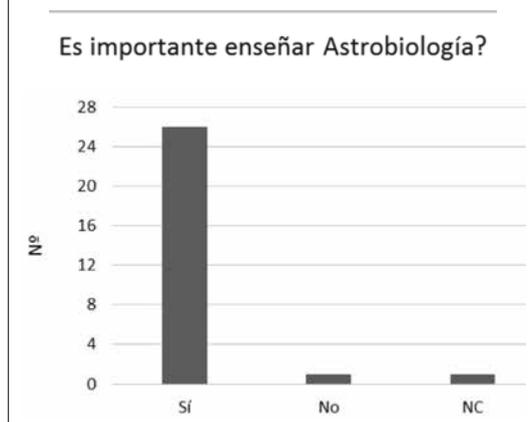
3. *¿Es importante enseñar Astrobiología a todo el alumnado? ¿Por qué?*

Como se muestra en el siguiente diagrama (Figura 5), 26 profesores (93%) considera que es importante tratar estos temas en clase, frente a un caso que no lo considera relevante porque “*tal vez no tenga mucho interés como ciudadano*”, aunque este mismo profesor escribe que su enseñanza puede ser útil para el alumnado para que “*puedan juzgar mejor la formación de la vida y su existencia fuera de la Tierra*”. Un profesor no contesta explícitamente si considera o no importante enseñar Astrobiología, aunque también señala su posible utilidad: “*puede ser una manera de explicar ciertas técnicas analíticas a los alumnos*”.

Entre los motivos que los profesores en formación aportan en favor de la enseñanza de temas astrobiológicos hay que resaltar que muchos piensan que tiene un interés intrínseco como parte de la cultura general que todo ciudadano debería tener (nombrado en el 50% de los casos), como por ejemplo: “*son conceptos básicos de cultura general*”, “*forman parte de la mínima cultura general que todos debemos tener*” o “*para lograr una educación científica de la ciudadanía*”.

También hay que destacar la importancia que le atribuyen por su contribución al pensamiento crítico, bien explícita o implícitamente. Este argumento apa-

Figura 5. Resultados del ítem 3 del cuestionario de profesores en formación: número de profesores que consideran importante enseñar Astrobiología en el aula, frente a los que “No” y “No contestan”.



rece nombrado en el 39% de las respuestas. Ejemplos de este tipo de respuestas son: “*se evitaría que algunos alumnos se creyeran que llegaron extraterrestres a la Tierra*”, “*para que los alumnos tengan espíritu crítico frente al bombardeo de información*”, “*para que puedan saber diferenciar entre información verdadera y falsa*” o “*hay que enseñarles a ser críticos con la pseudociencia*”.

El 21% de las respuestas señala la importancia de estos temas por su capacidad para hacer razonar al alumno. En este sentido, encontramos respuestas como: “*es una manera de hacerles razonar*”, “*hay que enseñarles a razonar sobre lo que puede ser posible en el futuro*”, “[*estos temas*] *hacen dudar, hacen cuestionar la concepción que tenemos de*

lo que nos rodea” o “es importante para hacerse preguntas sobre su existencia”.

Otros motivos señalados por los que es interesante la enseñanza de temas sobre la vida en el universo son: la motivación que genera en los estudiantes (11%), porque puede hacer que los alumnos se interesen hacia la ciencia, porque puede ayudar a evitar concepciones alternativas, porque es un tema de actualidad, porque es una *“forma interesante de salir de la visión deformada de ciencia como ideología o dogma”*, o porque puede ser una herramienta para enseñar técnicas analíticas, todos estos motivos nombrados una vez cada uno.

4. Discusión y Conclusiones

En este trabajo se han analizado, por una parte, 9 libros de Biología y Geología de 4º de la ESO y 9 libros de Ciencias para el Mundo Contemporáneo de 1º de Bachillerato, y por otra parte, los cuestionarios aplicados a una muestra de profesores en formación.

Los resultados del análisis de libros de texto se visualizan en la Fig. 1, en la que se muestra, para cada ítem, el número de libros de BG (en azul) y el número de libros de CMC (en rojo) que obtienen valores positivos. Como se puede observar, la asignatura de CMC contribuye de una manera más completa a los temas relacionados con la Astrobiología, ya que prácticamente todos los ítems tratados por los libros de BG son presentados de igual o mejor manera por los libros de CMC.

En cuanto a los libros de BG, se encuentra un contenido uniforme, dividido en dos temas: “El origen de la vida” y “La historia de la Tierra”. Este último tema se incluye generalmente al final del libro de texto, y contiene información sobre la formación del Sistema Solar, cuándo surgió la vida y de qué tipo eran los primeros seres vivos. El porcentaje de páginas dedicadas a algún aspecto relacionado con la Astrobiología está entre el 2,2 y el 4,1%, lo cual se considera escaso.

Las cuestiones tratadas adecuadamente en los libros de BG son: la teoría de formación del Sistema Solar, la fecha de comienzo de la vida, el experimento de Miller, de qué tipo eran los primeros seres vivos, la descripción de la atmósfera primitiva y la inclusión de información histórica relacionada (ítems 3, 6, 9, 10, 11, 19).

En cuanto a los libros de CMC, se resalta un contenido más diversificado y de mayor calidad, probablemente debido al personal científico involucrado en la edición de los libros de texto. Los contenidos relacionados con la Astrobiología se encuentran siempre al principio del libro de texto, lo que asegura que en la práctica se impartan. El porcentaje de páginas dedicado a cuestiones astrobiológicas, entre un 4 y un 7,7% es significativamente mayor que el dedicado por los libros de BG.

Las cuestiones tratadas adecuadamente en los libros de CMC incluyen todas aquellas cuestiones que también se tratan en los de BG. Además, también se incluyen correctamente: los fac-

tores que hacen posible la vida en nuestro planeta, las pruebas que sirven para datar el comienzo de la vida en la Tierra, la hipótesis de la panspermia, el número de exoplanetas conocidos y las relaciones ciencia-religión (ítems 5, 7, 8, 16, 20). En este sentido, los libros de CMC tienen una contribución más significativa que los libros de BG a la enseñanza de la Astrobiología. Hay que resaltar, por tanto, el impacto que tendría una posible eliminación de esta asignatura del plan de estudios, en especial considerando el carácter optativo de Biología y Geología de 4º de la ESO.

En ninguna de las dos asignaturas se tratan adecuadamente las siguientes cuestiones: la descripción del campo de la Astrobiología, la fase del gran bombardeo, ejercicios de escala temporal para comprender la aparición de la vida, los extremófilos, las propiedades de cuerpos del Sistema Solar en relación con la vida, el concepto de la zona de habitabilidad, la inclusión de noticias de actualidad, la discusión de la ufología y los desarrollos técnicos necesarios para la búsqueda de vida en el universo.

Por otra parte, ni en los libros de BG ni en los de CMC aparecen tratadas las cuestiones sobre la ecuación de Drake ni los intentos de establecer comunicación con otras civilizaciones. En ningún libro, además, se hace ningún ejercicio de escala de distancias a otros posibles mundos, ejercicio que fundamentaría la dificultad de búsqueda de otras formas de vida, la dificultad de establecer comunicación o incluso la dificultad de que OVNI visiten nuestro planeta.

En ninguno de los libros se aprovecha la ocasión para tratar debates de índole histórico-filosófico, como son el debate sobre la pluralidad de los mundos, que a su vez serviría para mostrar las relaciones entre ciencia y religión, ni el debate sobre la teoría de la Tierra rara frente al principio de mediocridad, según el cual la Tierra no tiene nada de especial y deberían existir otras tierras con vida en el universo. Este tipo de debates históricos es importante en la formación del alumnado para reflexionar razonadamente su posición frente al lugar que ocupa el ser humano en el universo.

Del análisis global de los libros de texto se observa que éstos no tratan la Astrobiología como un cuerpo de conocimientos reconocido, ya que, por una parte, este término no se menciona explícitamente en ningún libro de BG y sólo en un libro de CMC. Por otra parte, el porcentaje de páginas dedicadas es aceptable únicamente en el caso de los libros de CMC, considerándose escaso el rango 2,2-4,1% dedicado en los libros de BG. Los libros de texto incorporan determinados aspectos relacionados con este campo aunque son evidentes las carencias, especialmente en el tratamiento de las relaciones CTS de la vida extraterrestre. Estas carencias no se cubren complementariamente, es decir, entre las dos asignaturas analizadas no se tratan todos los aspectos relevantes para una adecuada enseñanza de la Astrobiología. De los 22 ítems propuestos, sólo 11 son tratados adecuadamente. Éstos son fundamentalmente ítems de contenidos sobre el origen de la vida en la Tierra,

junto con los ítems sobre los resultados actuales de detección de exoplanetas y aspectos histórico-religiosos relacionados. Por todo ello, se concluye que la Astrobiología no se ha incorporado adecuadamente y de forma actualizada en el currículo oficial.

El análisis de los cuestionarios aplicados al grupo de profesores en formación indica que un alto porcentaje piensa que la ufología o es (35%) o puede ser (54%) un problema al que se enfrentarán en las aulas como futuros docentes. Muchos señalan la influencia que la educación no formal tiene en la visión del alumnado sobre la vida extraterrestre. En particular, nombran principalmente el papel de los medios de comunicación, las películas, videos o experiencias personales. La importancia de la educación no formal contrasta con la ausencia en la educación formal de la crítica a la ufología, tal y como se ha visto en la sección de análisis de libros.

La mayoría de profesores (79%) piensa que la ufología debería cuestionarse en clase. Los intereses didácticos de un tratamiento formal nombrados por los profesores incluyen la motivación, las posibilidades de trabajar la argumentación y el pensamiento crítico, considerado una de las competencias a desarrollar por la enseñanza obligatoria (Solbes 2013), y su interés intrínseco como parte de la cultura general de todo ciudadano. Entre las posibles herramientas para cuestionar la ufología en el aula destacan los debates y la enseñanza de la Astrobiología. De nuevo, el interés que los profesores otorgan al uso didáctico de

la ufología contrasta con su ausencia en los libros de texto.

En la Fig. 4 se incluyen los factores que posibilitan la vida en la Tierra nombrados por los profesores en formación. La mayor parte de los encuestados enumera entre tres y cuatro factores fundamentales para la vida, siendo los más citados: el agua (93%), la atmósfera (71%) y una temperatura adecuada (46%). Esto indica que los profesores en formación comprenden la dependencia de la vida con respecto a los factores ambientales.

La última pregunta del cuestionario de profesores demuestra que reconocen ampliamente la importancia de enseñar Astrobiología (ver Fig. 5). Entre las ventajas de su inclusión en el currículo, los profesores nombran: que es importante como parte de la cultura general de las personas, que contribuye a trabajar el razonamiento y el pensamiento crítico, que resulta atractivo para los alumnos, por lo que aumenta su motivación y puede hacer que se interesen hacia la ciencia, que es un tema de actualidad, que puede contribuir a evitar visiones deformadas de la ciencia y concepciones alternativas, y que puede utilizarse como herramienta para el aprendizaje de diversas técnicas.

Muchas de las ventajas nombradas por los profesores coinciden con las señaladas por autores como Oliveira (2008) o Rodrigues y Carrapiço (2006), que además destaca la necesidad de una enseñanza holística de la ciencia y las posibilidades que ofrece la Astrobiología para *hablar* de ciencia. Staley (2003) también

resalta la motivación y curiosidad que despierta esta disciplina, que debe ser aprovechada para una enseñanza multidisciplinar de las ciencias.

Como conclusión de este trabajo, se ha comprobado que los libros de texto de la enseñanza secundaria incluyen diversos aspectos de la Astrobiología, pero deben completarse y renovarse para conseguir aprovechar todas sus posibilidades educativas. Los profesores en formación reconocen estas posibilidades y consideran importante tratar temas sobre la vida en la Tierra y en el universo en el aula, incluida la ufología. Una perspectiva interesante que queda abierta para trabajos posteriores sería analizar las ideas de Astrobiología que tienen los estudiantes y comprobar si los profesores en activo son capaces de superar las dificultades de integrar esta área en el currículo a pesar de las carencias detectadas en los libros de texto.

5. Referencias bibliográficas

AYALA, F. (2014). *Evolución para David*. Editorial Laetoli.

BRIONES, C. (2010). Planeta vivo: El origen y la evolución temprana de la vida en la Tierra. *Enseñanza de las ciencias de la Tierra*, 18, 25-32.

BURCHELL, M. y DARTNELL, L. (2009). Astrobiology in the UK. *Astronomy & Geophysics*, 50(4), 27-30. DOI : 10.1111/j.1468-4004.2009.50427.x

CAMPO, R. (2004). Astrobiología y filosofía: cerrando el círculo original. *Revista Laguna de Filosofía*, 14, 185-194.

CARRAPIÇO, F., LOURENÇO, A., FERNANDES, L. y RODRIGUES, T. (2002). A journey to the origins. The Astrobiology paradigm in education. *Proceedings of SPIE*, 4495, 295-300.

DÍAZ y JIMÉNEZ-LISO (2012). Las controversias sociocientíficas: temáticas e importancia para la educación científica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 9, 54-70.

DINOV, I.D. (2008). Integrated, Multidisciplinary and Technology-Enhanced Science Education: The Next Frontier. *Journal of Online Learning and Teaching*, 4(1), 84-93

Editorial (2005). *Nature*, 434, 1053.

GAVIDIA, V. (2008). Las actitudes en la educación científica. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, 22, 53-66.

GIL-PÉREZ, D. y VILCHES, A. (2005). Inmersión en la cultura científica para la toma de decisiones. ¿Necesidad o mito? *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 2, 302-329.

Ipsos poll (2010). Recuperado de <http://www.ipsos-na.com/news-polls/pressrelease.aspx?id=4742>

OLIVEIRA, C. (2008). Astrobiology for the 21st Century. *Communicating Astronomy with the Public*, 2, 24-25.

PRO, A. de (2005). Presentación de la monografía: La enseñanza no formal de las ciencias. *Alambique*, 43.

PETIT, M.F; SOLBES, J. (2012). La ciencia ficción y la enseñanza de las

- ciencias. *Enseñanza de las ciencias*, 30 (2), 69-86. DOI: 10498/15615.
- PETIT, F; SOLBES, J. (2015). El cine de ciencia ficción en las clases de ciencias de enseñanza secundaria (I). Propuesta didáctica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 311-327. DOI: 10498/17254.
- REDFORS, K., HANSSON, L. y ROSBERG, M. (2009). Socio-scientific collaborative inquiry in Astrobiology. *European Science Education Research Association 2009 Conference*
- ROCARD, M., CSERMELY, P., JORDE, D., LENZEN, D., WALWERTG-HENRIKSSON, H., & HEMMO, V. (2007). Science Education Now: A Renewed Pedagogy for the Future of Europe. Belgium: European Communities.
- RODRIGUES, T. y CARRAPIÇO, F. (2005). Teaching Astrobiology. A scientific and cultural imperative. *Proceedings of SPIE*, 5906. DOI: 10.1117/12.617594.
- RODRIGUES, T. y CARRAPIÇO, F. (2006). How can we teach astrobiology and survive? *Proceedings of SPIE*, 6309. DOI: 10.1117/12.681950.
- SOLBES, J. (2013). Contribución de las cuestiones sociocientíficas al desarrollo del pensamiento crítico (II): Ejemplos. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 10 (2) 171-181. DOI: 10498/15113.
- SOLBES, J., MONTSERRAT, R. y FURIÓ, C. (2007). El desinterés del alumnado hacia el aprendizaje de la ciencia: implicaciones en su enseñanza. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, 21, 91-117.
- SOLBES, J. y PALOMAR, R. (2013). Dificultades del aprendizaje de la astronomía en secundaria. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 35(1), 1004-1-1004-12.
- SOLBES, J. y TRAVER, M. (2003). Against negative image of science: history of science in the physics & chemistry Education, *Science & Education*, 12, 703-717.
- SOLBES, J. y VILCHES, A. (1997). STS Interactions and the Teaching of Physics and Chemistry. *Science Education*, 81, 377-386.
- SOLBES, J. y VILCHES, A. (2004). Papel de las relaciones entre Ciencia, Tecnología, Sociedad y Ambiente en la formación ciudadana. *Enseñanza de las Ciencias*, 22, 337-348.
- STALEY, J.T. (2003). Astrobiology, the transcendent science: the promise of astrobiology as an integrative approach for science and engineering education and research. *Current opinion in Biotechnology*, 14, 347-354. DOI: 10.1016/S0958-1669(03)00073-9.
- Thomson Reuters (2010). Recuperado de <http://www.reuters.com/article/2010/04/08/us-aliens-odd-idUSTRE6374B220100408>.
- TORRES, N.Y. y SOLBES, J. (2014). Pensamiento crítico y cuestiones socio-científicas. Un estudio en escenarios de formación docente. *Enseñanza de las Ciencias*, 32, 701-702. DOI: <http://dx.doi.org/10.5565/rev/ensciencias.1507>.

