

Pesquisa em Ensino de Física

Dificultades en el aprendizaje de la astronomía en secundaria (Difficulties in learning astronomy in High School)

Jordi Solbes¹, Rafael Palomar²

¹Departamento de Didáctica de las Ciencias, Universidad de Valencia, España

²Colegio El Prat, Liria, España

Recibido em 10/5/2012; Aceito em 3/9/2012; Publicado em 1/3/2013

El objetivo de este trabajo es conocer las dificultades de aprendizaje de la astronomía del alumnado al finalizar la educación secundaria de nuestro país (16 años) y si la enseñanza las tiene en cuenta. Para ello se ha realizado un cuestionario a estudiantes y una red de análisis de textos, en los que se investigan cuestiones relativas a la astronomía de posición, la astrofísica y la cosmología. Se han aplicado a 113 alumnos que ya habían estudiado el tema y a 14 manuales, respectivamente. Los resultados muestran que el alumnado sigue sin comprender aspectos básicos de la astronomía, pese a la reiteración en la enseñanza del tema.

Palabras-clave: enseñanza-aprendizaje, astronomía y astrofísica, didáctica de la astronomía.

The aim of this study was to determine the students' difficulties in astronomy learning at the end of secondary education in our country (16 years) and whether the teaching takes them into account. For that reason it has been made a questionnaire to students and a network text analysis, which investigates issues of position astronomy, astrophysics and cosmology. These questionnaires have been applied to 113 students who had studied the issue and to 14 manuals, respectively. The results show that students still do not understand the basics of astronomy, despite the repetition in teaching the subject.

Keywords: teaching and learning, astronomy & astrophysics, teaching of physics.

1. Introducción

Diversas investigaciones constatan el abandono de los estudios científicos, en particular los de física, por los y las estudiantes universitarios [1] y, en Europa, no sólo por los universitarios sino previamente por los de secundaria [2-4]. El informe Rocard afirma que "los orígenes de esta situación pueden encontrarse en la manera como se enseña la ciencia" [3]. Pero en realidad se trata de un fenómeno complejo, multicausal, en el que influye, evidentemente, la forma en que se enseñan las ciencias, pero también la imagen pública de las ciencias, el estatus de las ciencias en el sistema educativo y el abandono por parte de las chicas de la física, lo que acentúa el problema en esta disciplina [2,4].

En paralelo, nos encontramos con que la astronomía es la rama de la ciencia con más aficionados no profesionales, posiblemente porque trata problemas de interés para los seres humanos: ¿Cómo empezó el universo? ¿Cómo terminará todo? ¿De dónde proviene el sistema solar? ¿De dónde provienen los elementos químicos? ¿Cómo se originó la vida? Algunas de estas preguntas han acompañado a la humanidad desde sus inicios y

otras han surgido a partir de los conocimientos acumulados. Teniendo en cuenta el poco interés que despierta la física en los estudiantes sería pues un error no aprovechar esta rama de la ciencia, que cautiva por sí sola, para interesar por la física al alumnado.

En España la astronomía se enseña en la educación primaria, en la asignatura de *Conocimiento del medio natural, social y cultural*, en sus 3 ciclos. En primer ciclo (6-7 años) se tratan: orientación de elementos del medio físico en relación con el sol; percepción y descripción de algunos elementos y fenómenos naturales: la luna, las estrellas y el Sol, el día y la noche. En 2º ciclo (8-9 años): los puntos cardinales; movimientos de la tierra y fases de la Luna; las estaciones del año. Y, en tercer ciclo (10-11 años): el Universo; el Sistema Solar. En secundaria aparece en las *Ciencias de la Naturaleza* de 1º (12 años): el Universo, estrellas y galaxias, Vía Láctea, Sistema Solar; estaciones, día y noche, eclipses; utilización de técnicas de orientación; observación del cielo diurno y nocturno; el paso del geocentrismo al heliocentrismo. Después de esta presentación temprana desaparece la astronomía del currículo, salvo en los temas de gravitación que se cursan en materias opta-

¹E-mail: jsolbes@uv.es.

tivas como la *Física y Química* de 4° de Secundaria (15 años) y la *Física* de 2° de Bachillerato (17 años), donde se introduce el modelo heliocéntrico desarrollado por Copérnico y las aportaciones de Kepler, Galileo y Newton.

Para despertar el interés por la ciencia en los estudiantes se ha introducido recientemente en nuestro país una nueva asignatura, *Ciencias para el mundo contemporáneo*, obligatoria para todo el alumnado de 1° de Bachillerato (16 años), de carácter divulgativo y con dos horas semanales. En ella aparece un tema, denominado *Nuestro lugar en el Universo* en el que se tratan aspectos astrofísicos y cosmológicos como: el origen del Universo; la génesis de los elementos; polvo de estrellas; la exploración del sistema solar. En los nuevos libros de esta asignatura unas pocas editoriales han encargado a científicos profesionales (algunos de ellos astrónomos) que redactasen divulgativamente los temas de su especialidad.

Sin embargo, pese a la reiteración en la enseñanza del tema y al interés del mismo, los resultados de los estudiantes en este último curso en que se trata la astrofísica no han sido los esperados, lo que nos ha llevado a plantearnos las siguientes preguntas: ¿Qué dificultades tienen los alumnos de 1° de bachillerato al estudiar el tema de astronomía? ¿Cuáles son las deficiencias de la actual forma de enseñar astronomía?

2. Hipótesis y su fundamentación teórica

Nuestra hipótesis es que los alumnos no comprenden los enunciados básicos de la astronomía porque la enseñanza de la misma se realiza de una forma muy teórica, sin poner de manifiesto como la astronomía ha llegado a demostrar estas proposiciones, sin tener en cuenta que implican dimensiones y tiempos que superan con mucho la escala humana y sin mostrar sus relaciones con la tecnología y la sociedad.

Con el fin de fundamentar nuestra hipótesis se procederá a mostrar una serie de argumentos didácticos. Así, pese a la reiteración en la enseñanza del tema y al interés del mismo, hay diversas investigaciones que muestran que el aprendizaje sobre astronomía y los diversos modelos de Universo (geocéntricos, heliocéntricos, etc.) presenta grandes dificultades, y una proporción alta de estudiantes no consigue una comprensión adecuada de aspectos básicos de los mismos [5-8]. Estas investigaciones se han centrado en la astronomía del sistema Tierra-Sol-Luna [9,10], dejando de lado las aportaciones astronómicas más recientes [11]. Además, distintos estudios ponen de manifiesto las carencias del profesorado de todos los niveles en estos temas, principalmente en maestros de primaria tanto en activo [12] como en formación, bien sea con temática sistema Tierra-Sol-Luna [13-15] o centrándose únicamente

en fenómenos lunares [16,17]. Esta falta de formación específica se traduce en ideas alternativas del profesorado que acaban transmitiendo al estudiante [18].

Posiblemente, una parte de la dificultad del tema está relacionada con el hecho de que la historia de la astronomía es un proceso muy complejo. Por eso es conveniente usar la historia de la ciencia [19, 20] para llegar hasta el punto de conocimiento en el que nos encontramos, habiendo tenido que pasar por toda una serie de hipótesis, observaciones, experimentos, etc. Y ver que en el proceso se ha pasado de universos centrados en la Tierra (plana en las primeras versiones y esférica después) al modelo heliocéntrico desarrollado por Copérnico, Kepler, Galileo y Newton y, de éste, a la imagen actual de un Universo formado por miles de millones de galaxias, ninguna de las cuales ocupa un lugar central. Además, son necesarios una serie de conceptos básicos, aunque sea a nivel divulgativo, de todos los campos de la física, en particular, sobre fuerzas y movimientos, gravitación, óptica, ondas (efecto Doppler), espectro electromagnético, física nuclear, relatividad, etc.

Si los estudiantes de secundaria no sostienen hoy el modelo geocéntrico, ya que conocen los movimientos de la Tierra, así como la estructura del Sistema Solar, sí poseen concepciones que les hacen pensar que la explicación del movimiento de los cuerpos en la Tierra y sus proximidades es distinta a la de los cuerpos muy alejados de ella [21]. Conviene, por lo tanto, hacer que vayan saliendo a la luz esas concepciones. Tampoco son capaces de usar pruebas y argumentos a favor de la esfericidad de la Tierra o la centralidad del Sol. En consecuencia, el alumnado *acepta* estas proposiciones por la *autoridad* del profesorado, del libro de texto y, de la misma forma, las olvida.

Pero para realizar estas argumentaciones el alumnado tendría que haber realizado una serie de observaciones básicas del cielo nocturno y diurno. Pero esto se hace pocas veces, especialmente con el cielo nocturno, porque no es observable en las ciudades y menos en horario escolar. Esta es una buena oportunidad para mostrar las relaciones CTS (ciencia, tecnología, sociedad) y reflexionar sobre la gran contaminación atmosférica y lumínica (que, a su vez, implican un elevado consumo energético) que nos priva de ese elemento maravilloso del paisaje, el cielo estrellado, que durante miles de años ha disfrutado la humanidad. Dichas observaciones, por otra parte, resultan de gran interés a los estudiantes cuando las realizan.

Por otra parte, es difícil que el alumnado comprenda y, en consecuencia, pueda aprender, proposiciones difíciles de entender por el ser humano, ya que implican dimensiones (como el radio del sistema solar, de la galaxia o del Universo observable) y tiempos (la vida de la Tierra es de 4500 millones de años) que superan con mucho la escala humana (1,7 m y 75 años). Este proble-

ma se ve incrementado porque la mayoría de los textos introducen dichas escalas de forma incorrecta, siendo las representaciones correctas y los ejercicios de escala muy escasos [22-24]. Incluso se dice que el tamaño del Universo visible sería de unos 13700 millones de años luz, dado que la expansión del universo comenzó hace esos millones de años. Pero, debido a dicha expansión, los objetos que emitieron su luz hace 13700 millones de años, se encuentran actualmente a 46000 millones de años luz, distancia conocida como radio del universo observable [25].

Por último, señalar que el concepto de dificultad no se refiere tan sólo a las ideas alternativas. Es necesario incluir las dificultades debidas a formas de razonamiento, a la falta de dominio de procedimientos, a las actitudes negativas de los estudiantes, etc. Por ello es necesario contemplar el aprendizaje del conocimiento científico, no sólo como un proceso de cambio conceptual sino también procedimental y axiológico [26]. Y esto debe reflejarse en los objetivos y contenidos de la enseñanza, como podemos ver en la Tabla 1.

3. Metodología

Pondremos a prueba la hipótesis mediante una serie de diseños experimentales, en forma de cuestionarios a estudiantes y una red de análisis de textos, a partir de los cuales se obtendrán unos resultados que, analizados detenidamente, nos permitirán extraer conclusiones que nos ayudarán a comprobar esta hipótesis. El cuestionario para analizar el aprendizaje del alumnado de 1º de Bachillerato (16 años) consta de 11 ítems. Para tratar de caracterizar la enseñanza de este tema hemos elaborado un cuestionario para el análisis cuantitativo de textos que consta de 15 ítems, alguno de los cuales se subdivide en apartados. Los ítems de los cuestionarios, relacionados con los objetivos y dificultades presentados en la Tabla 1, se presentan en el siguiente apartado. Los ítems de los estudiantes se centran en aspectos muy básicos, por eso, hay algún objetivo sin su correspondiente ítem de alumno.

Tabla 1 - Objetivos de la enseñanza de la astrofísica, dificultades para su aprendizaje e ítem para detectarlas.

Objetivos	Dificultades	Ítems alumnos	Ítems textos
1. Comprender aplicaciones básicas de la astronomía y su importancia para la supervivencia de la especie	No tienen claro el papel de la astronomía en la orientación, agricultura, etc., porque en las sociedades avanzadas se vive al margen de la naturaleza	1 3	2.1 2.2
2. Familiarizar con los métodos de trabajo de la astronomía de observación visual (observaciones astronómicas diurnas y nocturnas, gnomon, etc.)	Desconocen los procedimientos implicados y, además, la mayoría de la población que vive en ciudades, no puede disfrutar el cielo nocturno	1 3	3 4
3. Explicar observaciones del sistema Tierra-Sol-Luna (las estaciones, las fases de la Luna y las horas en las que se observa, etc.)	Atribuyen las estaciones a la distancia Tierra-Sol y las fases a eclipses de la Luna, y no tienen claro como pasar del SR en que se representan las posiciones de la luna al SR en que se realizan las observaciones	4 5	5
4. Familiarizar a los alumnos con los procedimientos de los científicos, que elaboran modelos para explicar los problemas hasta que surgen dificultades que obligan a cambiarlos, en este caso, el geocéntrico, heliocéntrico, newtoniano, etc.	No comprenden que algunos enunciados sólo cobran sentido en un determinado modelo ni los grandes avances que suponen (la gravitación universal rompe la barrera cielos tierra, el heliocentrismo que la Tierra no es un SR privilegiado, etc.)	2 6	4 6 7
5. Modelizar el sistema solar a escala	Supera con mucho la escala humana y, en prácticamente ningún sitio existen representaciones adecuadas	7	8
6. Comprender, a partir de observaciones astronómicas, que vivimos en una Galaxia y su forma aproximada	No tienen claro que la Vía Láctea es el plano de la Galaxia	8	9.1 9.2 9.3
7. Valorar la importancia de la técnica para el desarrollo de la astronomía y viceversa	No ven las conexiones de la astronomía con la tecnología y la sociedad	9	10.1 10.2
8. Comprendan que hay diversos tipos de estrellas, que evolucionan y que juegan un importante papel en la vida en el Universo	Concepción estática y no evolutiva de las mismas, debido a las grandes escalas temporales implicadas		11.1 11.2
9. Comprender la teoría del Big Bang y las pruebas de la misma, así como que requiere refinamientos para explicar nuevas observaciones	No ven que el Big Bang creó el espacio y no tuvo lugar en él	10 11	12.1 12.2 12.3 13.1 13.2
10. Comprender que el Universo está formado por miles de millones de galaxias, ninguna de las cuales ocupa un lugar central, a gran escala es homogéneo e isotrópico	Superan con mucho la escala humana		14.1 14.2
11. Valorar la contribución de la astronomía al pensamiento crítico	No ser conscientes de que las verdades científicas tienen que luchar contra los poderes y concepciones establecidos y que muchos enunciados supuestamente científicos no se pueden probar (la influencia de los astros en la vida humana, la existencia de los OVNI, etc.)	12 6	15.1 15.2

En la preparación de los cuestionarios se ha tenido en cuenta las técnicas usuales de investigación educativa. En primer lugar, se elabora un primer borrador en el que se han tenido en cuenta las aportaciones de la investigación en educación científica sobre las dificultades que pueden obstaculizar el logro de los objetivos planteados, así como los ítems utilizados por dicha investigación. En concreto, nuestro ítem 2 es una versión adaptada del artículo [8]; el ítem 4 procede de los artículos [5, 6]; el ítem 5 está recogido de distinta forma (cuestionarios y entrevistas/dibujos) en los artículos [6, 10]; el ítem 7 aparece en el artículo [5]; el ítem 8 es una adecuación de los aparecidos en los artículos [5, 6]; y el ítem 10 está adaptado a partir de los aparecidos en los artículos [6, 7] y de las confusiones cosmológicas señaladas en el artículo [25]. El hecho de que dichos ítems ya hayan sido utilizados contribuye a su validación. Dichos artículos, que se centran mayoritariamente en cuestiones básicas de la astronomía (estaciones, fases de la Luna, etc.), dejan objetivos sin cubrir para los cuales se ha elaborado nuevas cuestiones, en especial, para la astronomía más moderna (astrofísica y cosmología).

Se ha buscado la coherencia interna de los ítems con los objetivos y las dificultades por la revisión de pares expertos y por la existencia de ítems similares vinculados a un mismo objetivo. A continuación, se realiza un ensayo piloto para analizar la validez del cuestionario y reelabora el cuestionario a la luz de los resultados del dicho ensayo. El análisis de resultados se ha realizado independientemente por los dos investigadores, con objeto de acordar las categorías y la asignación de las diferentes respuestas a las mismas, para así contrastar la validez de los resultados.

4. Presentación y análisis de los resultados

4.1. Resultados sobre el aprendizaje

El cuestionario del alumnado se aplica a una muestra de 113 estudiantes de Bachillerato que cursaban la asignatura de *Ciencias para el Mundo Contemporáneo*, en una sesión de clase de una hora de duración, semanas después de haberse impartido el tema. Estos estudiantes corresponden a 4 grupos diferentes, de los cuáles dos pertenecen a un centro privado concertado y los otros dos a centros públicos de la Comunidad Valenciana. Mostramos a continuación los ítems, los resultados (desglosados en diferentes categorías) y la discusión de los mismos.

► Ítem 1: *Explica cómo te orientarías de noche y de día.*

La Tabla 2 muestra como únicamente un pequeño porcentaje del total (6,2%) es capaz de explicar como orientarse tanto de día como de noche. Si se tiene en cuenta los alumnos que explican adecuadamente una sola de las dos situaciones, bien sea el día, bien sea la

noche, se obtiene un 25,7% del total.

Tabla 2 - Porcentajes según puntuación cuestionario alumnos Ítem 1.

Categoría	Porcentaje
NS/NC	8,8%
Respuestas incorrectas	59,3%
Explican correctamente una situación, bien de día, bien de noche	25,7%
Explican correctamente ambas situaciones, el día y la noche	6,2%

Un 59,3% del alumnado contesta la pregunta pero no consigue dar con la explicación adecuada, ni para el día ni para la noche.

Si se tienen en cuenta las respuestas consideradas incorrectas, un total de 125, un 45,6% nombran al Sol en sus respuestas y un 30,4% a las estrellas, sin explicar nada más.

Un 8,8% de los cuestionados se posicionan en la categoría de No sabe/No contesta.

► Ítem 2: *Comenta la frase: El Sol sale por el Este y se pone por el Oeste.*

Como se puede ver en la Tabla 3 poco más de un cuarto de los estudiantes (28,3%) han contestado adecuadamente la pregunta, dando cuenta del carácter geocéntrico de esta como en el siguiente ejemplo: “El Sol no sale ni se pone sino que la Tierra gira sobre ella misma de izquierda a derecha y por tanto da la sensación a simple vista de que sale por el Este y se pone por el Oeste”.

Tabla 3 - Porcentajes según puntuación cuestionario alumnos Ítem 2.

Categoría	Porcentaje
NS/NC	8%
Otras respuestas incorrectas	16,8%
Confusión explícitamente geocéntrica, incluso repitiendo la misma frase	46,9%
Respuesta correcta	28,3%

El resto de los estudiantes (71,7%) no ha contestado correctamente la pregunta, con casi la mitad del alumnado (46,9%) respondiendo de forma geocéntrica, en algunos casos amplificando más aun el carácter geocéntrico del propio enunciado, como el ejemplo siguiente: “El Sol tarda unas 24 h en dar la vuelta a la Tierra y el sentido en que gira hace que dé la sensación de que sale, es decir, que aparece por el Este y cuando acaba de dar la vuelta (trayectoria), desaparece por el Oeste”

Por último citar que un 16,8% se engloba en otras respuestas incorrectas y un 8% no sabe o no contesta la pregunta.

► Ítem 3: *Señala aplicaciones que conozcas sobre la astronomía e indica en que observaciones se basan.*

En la Tabla 4 aparece como tan solo un 5,4% de los estudiantes encuestados son capaces de señalar una

aplicación sobre la astronomía explicando las observaciones en las que se fundamenta. Un 2,7% de estudiantes hacen referencia a la creación de un calendario, un 1,8% a la orientación y un 0,9% a la supervivencia de la especie, justificando así la observación de meteoritos.

Tabla 4 - Porcentajes según puntuación cuestionario alumnos Ítem 3.

Categoría	Porcentaje
NS/NC	44,2%
Respuestas incorrectas	35,4%
Citan aplicaciones sin indicar observaciones	15%
Citan aplicaciones indicando la observación en que se basan	5,4%

Un 15% es capaz de señalar algunas de las aplicaciones de la astronomía pero sin dar una justificación de las observaciones involucradas. Si se hace el desglose de las 28 respuestas se obtiene: 35,7% de respuestas referentes a la orientación, un 25% a la meteorología, un 21,4% al calendario, un 7,1% a la agricultura, un 7,1% a la supervivencia de la especie y un 3,6% a las mareas.

Un 35,4% pertenece al apartado de respuestas incorrectas. Atendiendo ahora a los porcentajes de respuestas incorrectas sobre un total de 58 de estas, un 58,6% de respuestas confunden las aplicaciones prácticas de la astronomía con la búsqueda de conocimiento (sobre otros planetas, estrellas, galaxias o cuestiones cosmológicas); y, lo que es más preocupante, un 15,5% del total de respuestas, manifiestan los horóscopos como una aplicación de la astronomía. Casi la mitad del total de los estudiantes (44,2%) no saben o no contestan la pregunta.

► Ítem 4: *¿Cómo podemos explicar astronómicamente las estaciones del año?*

La Tabla 5 señala que un 12,4% del alumnado indican la inclinación del eje terrestre como la causa de las estaciones. A este porcentaje de aciertos, hay que sumar los estudiantes que han considerado que las estaciones pueden determinarse astronómicamente mediante la observación de las constelaciones propias de cada estación (5,3%), con frases como la siguiente: "Dependiendo de donde esté la Tierra (en su movimiento de traslación) se ven unas constelaciones u otras". Si bien esta no era la respuesta buscada en este ítem, también es una interpretación adecuada de la pregunta.

Tabla 5 - Porcentajes según puntuación cuestionario alumnos Ítem 4.

Categoría	Porcentaje
NS/NC	16,8%
Respuestas incorrectas	65,5%
Explican cómo determinar astronómicamente mediante la observación de las constelaciones estacionales	5,3%
Explican astronómicamente las estaciones nombrando la inclinación del eje	12,4%

Una gran parte (65,5%) fallaron en el intento de contestar la pregunta, siendo mayoría (30,1%) el alumnado que otorga a la distancia Tierra-Sol la causa de las estaciones, ofreciendo el resto respuestas más o menos confusas. Esta confusión alcanza su máximo en un estudiante que contesta lo siguiente: "Los rayos del Sol dan directamente a una parte de la Tierra, en este lugar, será verano. En la parte que dé perpendicularmente será primavera, ya que los rayos no dan directamente pero sí recibe. En el otro lado tenemos el invierno, donde no se proyectan rayos ni directa ni indirectamente"

El resto de respuestas, un 16,8% se engloban en la categoría NS/NC.

► Ítem 5: *Explica las fases de la Luna.*

En la Tabla 6 se aprecia como nadie entre todo el alumnado ha conseguido explicar correctamente las fases de la Luna, indicando (o dibujando) la posición relativa Sol-Tierra-Luna.

Tabla 6 - Porcentajes según puntuación cuestionario alumnos Ítem 5.

Categoría	Porcentaje
NS/NC	23,9%
Respuestas incorrectas	76,1%
Explica las fases de la Luna correctamente	0%

En las respuestas incorrectas, se encuentran un 76,1% del alumnado, y haciendo porcentaje sobre el total de respuestas, un 16,8% ha intentado explicar las fases de la Luna sin éxito con frases como la siguiente, en la que se confunde explícitamente la fase con un eclipse: "En esta fase no podemos ver la Luna porque la Tierra tapa toda la luz solar".

Parte del alumnado intenta describir o dibujar la forma las fases lunares, realizándolo correctamente tan sólo un 8%. Un 11,5% realizaron un dibujo erróneo de dicha forma, en el que se aprecia que no sólo confunde las fases decreciente y creciente, sino también las llena y nueva.

En el nivel previo a dejar la pregunta en blanco se encuentran los que nombran, al menos, las fases de la Luna. Un 17,7% de los estudiantes señalan correctamente las fases de la Luna, mientras que un 22,1% intenta nombrarlas pero sin conseguirlo, con contestaciones del tipo: "Llena, menguante, mediante y creciente"; "Creciente, decreciente, menguante y llena", siendo la luna nueva la más difícil de nombrar por los estudiantes.

► Ítem 6: *Qué hechos pusieron en cuestión el modelo geocéntrico.*

La Tabla 7 muestra que ningún estudiante contesta correctamente la pregunta y solo cuatro (3,6%) dan una respuesta parcial contestando con un hecho que pusiera en cuestión el modelo geocéntrico.

De estos últimos, dos repuestas (1,8%) guardaban relación con el descubrimiento de los satélites de Júpiter y otras dos (1,8%) con la explicación de las órbitas planetarias.

Tabla 7 - Porcentajes según puntuación cuestionario alumnos Ítem 6.

Categoría	Porcentaje
NS/NC	47,8 %
Respuestas incorrectas	48,6 %
Contesta con un hecho	3,6 %
Contesta con dos hechos o más	0 %

El 48,5 % del alumnado no contestó la pregunta o lo hizo de forma confusa, llegando a confundir en algunos casos el concepto de geocentrismo con el de Tierra plana con las frases: “Que la Tierra no era redonda sino plana”; “Antiguamente se creía que la Tierra era rectangular y que al acabar la supuesta esquina... caías al vacío”

Un 47,8 % pertenecen a la categoría NS/NC.

► Ítem 7. *Explica como la observación de la Vía Láctea demuestra que estamos en una galaxia.*

En la Tabla 8 puede verse como el 4,4 % del alumnado contesta adecuadamente la pregunta, identificando de alguna manera el aumento de luminosidad en una franja del cielo, con un número mayor de estrellas en el plano galáctico.

Tabla 8 - Porcentajes según puntuación cuestionario alumnos Ítem 7.

Categoría	Porcentaje
NS/NC	39,8 %
Respuestas incorrectas	55,8 %
Agrupación de estrellas en el plano de la Galaxia	4,4 %

El resto de estudiantes, un 55,8 % contesta de forma confusa. Dentro de las respuestas erróneas, se han dado varios casos (12,4 %) de confusión explícita de la Vía Láctea con el Sistema Solar con repuestas como las que siguen: “La Vía Láctea es nuestro Sistema Solar, pero este junto con otros muchos sistemas solares forman nuestra galaxia”; “Hay miles de galaxias, y nosotros estamos metidos en una que se llama Vía Láctea, compuesta por varios planetas”

El resto de respuestas erróneas caen en la categoría de NS/NC (39,8 %)

► Ítem 8. *Si la distancia del Sol a Neptuno fuera como un campo de fútbol (110 m), ¿qué tamaño crees que tendría la Tierra? ¿Y el Sol? ¿Y Júpiter?*

La Tabla 9 señala que un 1,8 % del alumnado dieron una contestación correcta, con la escala y el orden de magnitud adecuados. Con criterios benignos, consideraremos también correctos a los que, a pesar de fallar el orden de magnitud, mantuvieron la proporción adecuada en los diámetros Tierra-Sol-Júpiter (8,8 %).

La mayoría de estudiantes se encuentran en las categorías de NS/NC (24,8 %) y respuestas incorrectas (64,6 %), en la que las contestaciones erróneas ponen de manifiesto un profundo desconocimiento del Sistema Solar por parte de algunos estudiantes, como puede verse en la siguiente frase: “La Tierra tendría más tamaño que Neptuno porque se encuentra más alejada

del Sol... Júpiter es un planeta más pequeño porque se encuentra más cerca del Sol”.

Tabla 9 - Porcentajes según puntuación cuestionario alumnos Ítem 8.

Categoría	Porcentaje
NS/NC	24,8 %
Respuestas incorrectas	64,6 %
La respuesta guarda las proporciones, aunque no da con la escala	8,8 %
Acierta con las proporciones y con el orden de magnitud	1,8 %

► Ítem 9: *Cita tecnologías que han contribuido al desarrollo de la astronomía.*

Mirando la Tabla 10 puede verse como esta ha sido la pregunta que ha obtenido un mayor número de respuestas correctas, un 27,4 % del total ha sido capaz de citar dos tecnologías (27,4 %) y un 35,4 % han citado al menos una.

Tabla 10 - Porcentajes según puntuación cuestionario alumnos Ítem 9.

Categoría	Porcentaje
NS/NC	28,3 %
Respuestas incorrectas	9,7 %
Cita una tecnología	34,5 %
Cita dos tecnologías	27,4 %

Si atendemos al total de respuestas dadas (101) y las clasificamos, se observa que el telescopio es la respuesta que todo el alumnado que ha contestado correctamente ha mencionado, con un 64,4 % del total de las respuestas. Los satélites ha sido la siguiente tecnología con un 30,7 % del total de respuestas. Como respuestas más minoritarias han quedado los radiotelescopios (3 %), y otros instrumentos como el astrolabio (1 %) y las cartas estelares (1 %).

Un 28,3 % se encuentran en la categoría NS/NC.

► Ítem 10: *Explica con tus propias palabras la expansión del universo.*

La Tabla 11 muestra que aproximadamente uno de cada cinco (19,5 %) contestan a la pregunta nombrando al Big Bang como origen de la expansión. Pero se trata de un conocimiento meramente nominal, porque nadie entre los encuestados fue capaz de explicar que el espacio y el tiempo se crean en el Big Bang, y que es el espacio el que se expande, no el Universo el que se expande en un espacio preexistente, idea detectada en entrevistas realizadas.

Tabla 11 - Porcentajes según puntuación cuestionario alumnos Ítem 10.

Categoría	Porcentaje
NS/NC	18,6 %
Respuestas incorrectas	61,9 %
Expansión a raíz de Big Bang	19,5 %

Un 61,9 % del alumnado da respuestas incorrectas, que pueden separarse en las siguientes categorías disjuntas de respuestas.

Un 1,8% dejan ver en su respuesta que el universo se expande dentro de algo, como en la frase: “Es como una masa, dentro de un molde, que aumenta y se expande...”

Un 3,5% se limita a nombrar la explosión y un 14,2% a decir existe una expansión.

Un 7,1% deja ver en su respuesta que existía algo antes, como muestran las respuestas: “La expansión del universo fue debido a la concentración de gas y polvo que explotó y formó el Big Bang”; “... a causa de una explosión causada por unos gases que había en el espacio...”

El resto (35,4%) contestan de forma confusa con frases como las que aparecen a continuación: “Cada vez el universo va creciendo formando una supernova...”; “Cuando sucedió el Big Bang las rocas y todo lo que estalló se expandió por todas partes...”; “La expansión del Universo yo creo que trata de llevar vida a otro lugar...”

► Ítem 11. *Que pruebas hay de la expansión del universo.*

La Tabla 12 muestra como ningún estudiante es capaz de nombrar las tres grandes pruebas del Big-Bang (alejamiento de las galaxias, radiación de fondo y abundancia de núcleos ligeros).

Tabla 12 - Porcentajes según puntuación cuestionario alumnos Ítem 11.

Categoría	Porcentaje
NS/NC	35,4%
Respuestas incorrectas	39,8%
Cita una prueba de la expansión	23,9%
Cita dos pruebas de la expansión	0,9%
Cita tres pruebas de la expansión	0%

Un 0,9% del alumnado cita dos pruebas de la expansión de la siguiente forma: “Las galaxias se van separando unas de otras, como el espectro de la luz que nos llega de ellas nos marca con su aproximación al rojo. También cabe destacar la existencia de la radiación cósmica de fondo (el eco del Big-Bang)”

Un 23,9% solo cita una de las pruebas, encontrándose divididas las respuestas entre el alejamiento de las galaxias (15%) y la radiación de fondo (8,9%).

La mayoría de estudiantes (39,8%) no reconoce ninguna prueba, quedando en la categoría de NS/NC un 35,4%.

► Ítem 12. *Comenta la frase: La astronomía y la astrología son ciencias distintas*

En la Tabla 13 aparece que un 12,4% del alumnado ha explicado correctamente la diferencia entre la astrología y la astronomía, señalando además que la primera no es una ciencia. Un 10,6% del total explican las dos disciplinas pero no señalan el carácter acientífico de la astrología.

Tabla 13 - Porcentajes según puntuación cuestionario alumnos Ítem 12.

Categoría	Porcentaje
NS/NC	31,9%
Respuestas incorrectas	45,1%
Diferencia pero no señala que la astrología no es una ciencia	10,6%
Diferencia y señala que la astrología no es una ciencia	12,4%

Un 31,9% del total, ha dejado la pregunta sin contestar, y entre los que dieron respuestas incorrectas (45,1%), son comunes las que diferencian sin saber exactamente en qué consiste cada una: “Las dos son ciencias que estudian cosas relacionadas en el universo pero cada una se especializa en un tema”; “La astronomía se refiere a la Vía Láctea o a las galaxias y la astrología se refiere a los astros”; “La astronomía estudia los planetas y la astrología las estrellas”; “La astronomía es la ciencia de todo el universo y la astrología es la ciencia solo de las estrellas”

4.2. Resultados sobre el análisis de textos

El cuestionario para el análisis cualitativo de los textos, se ha aplicado a 14 libros de texto de *Ciencias para el mundo contemporáneo*, que incluyen los libros utilizados por los grupos de estudiantes a los que se ha pasado el cuestionario y otros, con el fin de tener una muestra significativa constituida por la mayor parte de los libros publicados, 11 de las principales editoriales de libros de texto de nuestro país y, además, 3 libros innovadores, publicados por una universidad y otros dos digitales por instituciones oficiales. Dichos libros son un buen indicador de la enseñanza realizada, ya que son utilizados por la mayor parte del profesorado y son los intérpretes del currículo.

El cuestionario realizado a los libros es amplio. En él, se tratan se plantean cuestiones relacionadas con la astronomía de posición básica y el desarrollo histórico hasta llegar a los modelos actuales, que son los contenidos señalados en el currículo oficial para este tema concreto. A continuación mostramos los resultados del ítem 1.1 (cuantitativos) y del 1.2 (cualitativos).

► Ítem 1.1: *¿Qué porcentaje de páginas se dedica a la astronomía?*

En la Tabla 14 se muestra que el porcentaje medio de páginas dedicadas al tema de la astronomía en los libros de CMC es de 7,7%. Como esta asignatura consta de 5 bloques de contenidos: Nuestro lugar en el Universo; Vivir más, vivir mejor; Hacia una gestión sostenible del planeta; Nuevas necesidades, nuevos materiales; y De la sociedad de la información a la sociedad del conocimiento, a cada uno le correspondería un 20% de las páginas. Sin embargo, como el tema analizado se plantea desde un punto de vista antropocéntrico (nuestro se refiere a la humanidad), el currículum incluye evolución biológica, origen de la vida y evolución humana.

Esto se resuelve en la mayoría de los textos desdoblado el bloque en dos temas: uno de astronomía y otro de evolución, con lo cual a la astronomía le debería corresponder un 10 % de las páginas. Como podemos ver, esto no es así y el porcentaje dedicado es menor. Sólo 6 de los 14 libros analizados tienen un porcentaje de 10 o

superior. Evidentemente, a mayor número de páginas, más posibilidades de obtener contestaciones correctas a nuestros ítems, pero esto no siempre es así. Más bien depende de la presencia de profesores con conocimientos astronómicos entre los autores.

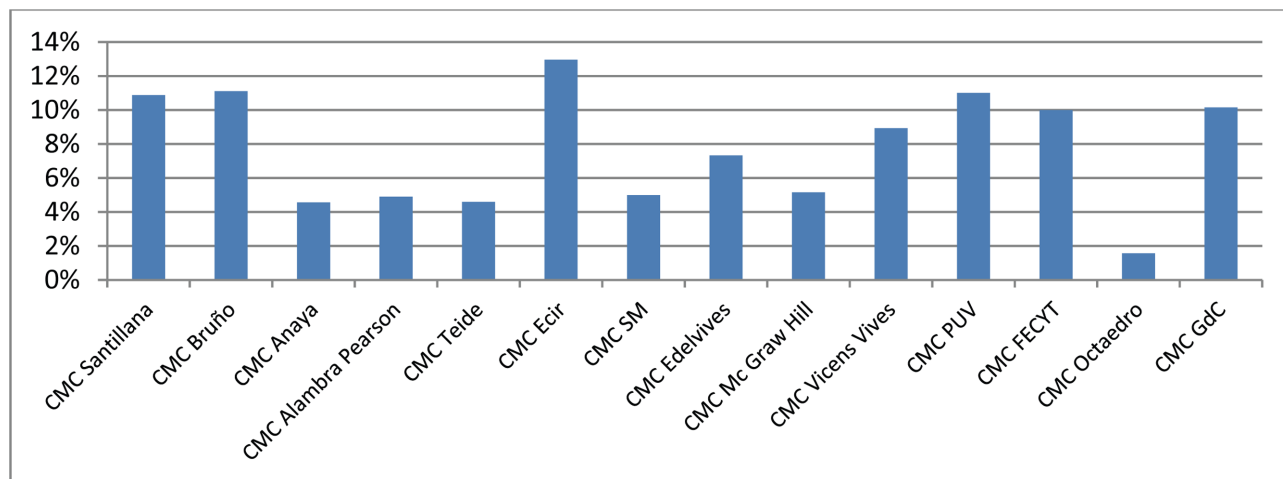


Tabla 14 - Porcentaje de páginas dedicadas al tema del universo en los libros de ciencias del mundo contemporáneo.

► *Ítem 1.2: ¿Qué apartados incluye?*

Se observa que la mayoría de los textos de Ciencias del Mundo Contemporáneo comienzan con el Universo y su origen, para pasar a las galaxias y las estrellas, el sistema solar y su exploración. Empiezan con lo más antiguo (con un criterio meramente cronológico) y grande en lugar de hacerlo por lo más próximo y sencillo, es decir, el sistema Sol, Tierra Luna y las primeras concepciones sobre el Universo.

La Tabla 15 resume las respuestas afirmativas obtenidas en el resto de los ítems cuando los libros de texto incluyen el aspecto mencionado en el cuestionario.

► *Ítem 2.1: ¿Aparecen las aplicaciones básicas de la astronomía?*

Tan sólo tres de los libros analizados señalan las aplicaciones básicas de la astronomía, bien en la introducción del tema, con referencias en el texto similares a "... las regularidades ayudaron a la caza, siembra y recolección"; o planteando actividades como la que sigue "Busca en Internet qué utilidad práctica tenía el conocimiento astronómico para los pueblos de la antigüedad. ¿Cómo crees que afecta a tu vida cotidiana?", o cuestionando la afirmación "La astronomía es una ciencia básica: no tiene aplicaciones prácticas inmediatas".

► *Ítem 2.2: ¿Se hace mención de la astronomía como vehículo de supervivencia de la especie?*

Tres son los manuales que señalan a la astronomía como necesaria para la supervivencia de la especie a largo plazo. En uno de ellos se realiza una actividad

sobre la construcción de naves tripuladas para llegar a otros planetas del sistema solar, y la necesidad de defendernos de los asteroides que nos amenazan. En esta línea un manual plantea una pregunta y el otro propone la lectura de un artículo sobre "... los viajes interestelares para extender la especie humana".

► *Ítem 3: ¿Se plantea alguna actividad relacionada con la observación?*

Únicamente tres textos proponen alguna actividad relacionada con la observación, y las propuestas ocupan un lugar anecdótico en el resto del tema. Las actividades propuestas son: "Justificación de que las estrellas se agrupan en galaxias", "Distinción de los planetas", "Medir el tamaño de la Luna", "Simple observación de las estrellas". Es decir, los libros contribuyen a una enseñanza de la astronomía muy teórica, porque no ofrecen actividades relacionadas con la observación astronómica.

► *Ítem 4: ¿Se explican las observaciones a partir del modelo de Ptolomeo?*

De nuevo tan sólo tres de los manuales explican las observaciones de fenómenos celestes a partir del modelo de Ptolomeo. Estas observaciones aparecen inmersas en el texto al hablar del movimiento de la bóveda celeste y de cómo "es normal que se pensara que la Tierra era el centro del universo"; o en la explicación del movimiento de los planetas mediante los epiciclos de Ptolomeo; e incluso como actividad de reflexión al ofrecer comentar las frases: "el sol sale por el este y se pone por el oeste",

“la luna se levanta” o “las estrellas giran en el cielo”

Tabla 15 - Resumen de las contestaciones afirmativas a cada uno de los ítems del cuestionario (N = 14).

Ítem	SÍ
2.1 ¿Aparecen las aplicaciones básicas de la astronomía?	3
2.2 ¿Se hace mención de la astronomía como vehículo para la supervivencia de la especie?	3
3 ¿Se plantea alguna actividad relacionada con la observación astronómica?	3
4 ¿Se explican las observaciones a partir del modelo de Ptolomeo?	3
5 ¿Se explican las fases de la Luna?	2
6 ¿Aparecen las dificultades de la ciencia al enfrentarse con los poderes y concepciones establecidos?	7
7 ¿Se explicita la ruptura de la barrera cielos-tierra al hablar de la teoría de la gravitación universal?	1
8 ¿Se llega al concepto de galaxia a partir de las observaciones de la Vía Láctea?	2
9.1 ¿Se proponen actividades para modelizar el sistema solar a escala?	3
9.2 ¿Existe algún dibujo que muestre los diámetros del sistema solar a escala?	3
9.3 ¿Aparece algún dibujo que muestre a escala las distancias del sistema solar?	0
10.1 ¿Aparecen las relaciones de la astronomía con la tecnología?	13
10.2 ¿Se muestra cómo el desarrollo de la técnica en la astronomía ha revertido en la sociedad?	5
11.1 ¿Se explica la evolución estelar?	8
11.2 ¿Se explica como las estrellas son capaces de sintetizar los elementos más pesados?	11
12.1 ¿La teoría del Big Bang aparece reforzada con las pruebas?	10
12.2 ¿Se explicita con claridad que el espacio se crea en el Big Bang?	6
12.3 ¿Se explica el origen de la idea de la energía oscura?	4
13.1 ¿Queda bien explicado que el corrimiento al rojo es debido a la expansión del espacio?	1
13.2 ¿Se deja claro el radio del Universo observable?	0
14.1 ¿Se menciona el que el Universo está formado por miles de millones de galaxias, ninguna de las cuales ocupa un lugar central?	0
14.2 ¿Existen figuras que muestren las escalas de las distintas estructuras del universo?	4
15.1 ¿Se descarta la astrología como ciencia?	7
15.2 ¿Se cuestiona la ufología?	3

► *Ítem 5: ¿Se explican las fases de la luna?*

En dos libros se hace mención a las fases de la Luna bien sea mediante una actividad que propone justificarlas, bien a través de una breve descripción del fenómeno. En ninguno de los casos aparece un dibujo en el que quede clara la relación Sol-Luna-Observador.

► *Ítem 6: ¿Aparecen las dificultades de la ciencia al enfrentarse con los poderes y concepciones establecidos?*

La mitad de los textos analizados muestran las dificultades que tuvo el modelo heliocéntrico, introduciendo algún breve párrafo sobre la condena de Galileo (y en un caso la de Bruno). Con ello se puede dar la sensación de que estas sólo se producían en el pasado. En este sentido, sólo uno de los textos plantea una actividad para mostrar que estas situaciones aún pueden

darse: “Recuerda otros ejemplos de oposición a teorías científicas por su desacuerdo con las concepciones vigentes en otros momentos históricos”. Pero la mayoría de los textos no proponen ninguna actividad al respecto y sólo la reflexión de los estudiantes sobre el tema y su contextualización en la actualidad pueden favorecer el desarrollo del pensamiento crítico.

► *Ítem 7: ¿Se explicita la ruptura de la barrera cielos-tierra al hablar de la teoría de la gravitación universal?*

Únicamente en uno de los manuales aparece la ruptura cielos-tierra, al señalar cómo la teoría de la gravitación universal explicó la caída de los cuerpos y el movimiento de todas las masas del universo. “Así, la ley de la caída de los graves de Newton, que explica la caída de todos los objetos en la superficie terrestre. . . explica, además. . . las fuerzas que se ejercen entre si las masas de todo el Universo, lo que a su vez explica. . . los movimientos de todos los planetas alrededor de sus estrellas, y de las estrellas en sus galaxias, y de las galaxias en sus cúmulos y agrupaciones.”

► *Ítem 8: ¿Se llega al concepto de galaxia a partir de las observaciones de la Vía Láctea?*

Solamente en un libro se justifica el concepto de galaxia a partir de la observación de “. . . una zona del cielo en la que se aprecian más estrellas y nebulosidades. . . el aspecto de nuestra Galaxia cuando se contempla desde dentro”

► *Ítem 9.1: ¿Se proponen actividades para modelizar el Sistema Solar a escala?*

En tres de los manuales se proponen actividades para asimilar los diámetros de los planetas del Sistema Solar del estilo de la siguiente: “Recopila la información necesaria y dibuja a escala los planetas del Sistema Solar. Una escala de un centímetro por cada diez mil kilómetros puede ser adecuada. ¿Se aprecia algún indicio de que existan varios grupos?”

► *Ítem 9.2: ¿Existe algún dibujo que muestre a escala las distancias del Sistema Solar?*

En tres de los manuales aparecen dibujos a escala de los diámetros del Sistema Solar. Incluso en uno de los manuales, se comparan los planetas con objetos más conocidos: “Si el Sol fuese una bola de un metro de diámetro, Mercurio sería un grano de arroz situado a 42 m y Venus y la Tierra dos garbanzos colocados a 78 y 107 m, respectivamente. . .”. Es común encontrar dibujos del Sistema Solar que no están a escala.

► *Ítem 9.3: ¿Aparece algún dibujo que muestre a escala las distancias del Sistema Solar?*

Ninguno de los manuales analizados ha realizado una escala de distancias con el Sistema Solar, aunque se podría hacer, por ejemplo, sobre el plano de una ciudad. En un caso se propone como actividad de la forma: “Trázalas (las órbitas) suponiendo que todas son circulares. Puede ir bien una escala de medio centímetro por cada millón de kilómetros. . .”. En otro libro, los planetas se representan juntos, pero indicando el tiempo que

le cuesta a la luz del Sol llegar a cada planeta.

► *Ítem 10.1: ¿Aparecen las relaciones de la astronomía con la tecnología?*

En esta cuestión prácticamente todos los libros analizados (13) realizan algún tipo de tratamiento, y tan solo un libro no hace mención alguna. Telescopios, satélites, sondas espaciales y robots de exploración son las referencias más habituales a la tecnología. En uno de los textos se remarca esta relación con la tecnología con la frase "... habrá que desarrollar una tecnología que permita los viajes interestelares", y en otro de forma más general con la frase "... la desdibujada división entre ciencia y tecnología".

► *Ítem 10.2: ¿Se muestra cómo el desarrollo de la técnica en la astronomía ha revertido en la sociedad?*

Este ítem, que trata de afinar más la relación con la tecnología, busca el beneficio práctico que puede tener la astronomía en la sociedad. Cinco de los manuales analizados muestran estos beneficios, nombrando entre otros: "Las múltiples aplicaciones de los satélites: Comunicaciones, meteorología, vigilancia de cultivos, localización de incendios, detección de recursos naturales, geolocalización", "Desarrollo del teflón y del velcro", "Experimentos realizados en la estación espacial con fines farmacéuticos". En uno de ellos se llega a plantear una actividad para evaluar la utilidad de la inversión en la exploración en el Sistema Solar.

► *Ítem 11.1: ¿Se explica la evolución estelar?*

Son mayoría los libros que tratan la evolución estelar (8) frente a los que no la tratan (6), alcanzando distinto nivel de profundidad, desde 3 páginas a 300 palabras en un apartado. Algunos le dedican una actividad relacionada con la interpretación del diagrama de Herzprung-Rusell.

► *Ítem 11.2: ¿Se explica cómo las estrellas son capaces de sintetizar los elementos más pesados?*

En once de los textos tratados se hace referencia a esta cuestión, no haciéndose en los otros tres. En estos últimos tampoco se había tratado la evolución estelar, con lo que quedan tres textos en los que se hace referencia verbalista a este hecho, quizá porque aparece en el currículo oficial, sin previamente haber explicado el ciclo de vida de las estrellas.

► *Ítem 12.1: ¿La teoría del Big Bang aparece reforzada con pruebas?*

El ítem aparece correctamente desarrollado en diez de los manuales analizados, y no lo hace en los otros cuatro. De las tres grandes pruebas a favor de la teoría del Big Bang, las más explicadas en los textos son la radiación de fondo y el desplazamiento al rojo de la luz de las galaxias, quedando la proporción de elementos ligeros en la nucleosíntesis inicial en último lugar.

► *Ítem 12.2: ¿Se explicita con claridad que el espacio se crea en el Big Bang?*

Son pocos los manuales que hacen referencia a este hecho (6), mientras que el resto (8) no hace mención alguna a este concepto clave, o a frases del estilo a: "El

Big Bang no debe entenderse como la explosión de un punto de materia en el vacío, puesto que ni la materia existía como tal ni tampoco el espacio". En algún texto la explicación viene acompañada de la imagen típica del globo, que no resulta muy clarificadora, porque éste se expande en el espacio. En uno de los textos, primero se señala correctamente "No había ni fuera, ni antes", para después anotar incorrectamente que "... toda la materia se encuentra concentrada... en una pequeña parte del espacio".

► *Ítem 12.3: ¿Se explica el origen de la idea de la energía oscura?*

Tan solo cuatro de los libros analizados muestran la energía oscura como concepto para encajar ciertas observaciones con el modelo de Universo actual. Pese a ser un concepto controvertido, solo un manual da cuenta de las discrepancias existentes entre algunos grupos de científicos: "En la actualidad, todavía hay establecida una polémica sobre la naturaleza de la energía oscura. Para algunos científicos es constante en el tiempo; para otros, cambia en el tiempo; para un tercer grupo, no existe, y en realidad, es la gravedad la que cambia en el tiempo haciéndose cada vez más débil".

► *Ítem 13.1: ¿Queda bien explicado que el corrimiento al rojo es debido a la expansión del universo?*

Únicamente un libro es capaz de explicar la naturaleza del corrimiento al rojo observado en la luz proveniente de galaxias lejanas. Este, recurre al clásico ejemplo del globo para señalar que el corrimiento al rojo es debido a la expansión del universo, y no, como habitualmente suele hacerse, al movimiento relativo de la fuente y el observador. Los libros que además de señalar el corrimiento al rojo tratan de explicarlo, lo hacen, la mayoría de las veces, comparando con el efecto Doppler producido en las ondas sonoras cuando existe movimiento relativo entre fuente y observador, citando el ejemplo clásico de la bocina de un automóvil.

► *Ítem 13.2: ¿Se deja claro el radio del Universo observable?*

En este caso ninguno de los manuales analizados ha incidido en el concepto de radio del Universo observable, hablando siempre de la edad del Universo y suponiendo que la luz ha recorrido el equivalente a esa edad en años luz, sin tener en cuenta la expansión del espacio.

► *Ítem 14.1: ¿Se menciona el que el Universo está formado por miles de millones de galaxias, ninguno de los cuales ocupa un lugar central, siendo homogéneo e isótropo a gran escala?*

Aunque hay 3 libros que hablan de miles de millones y dos que precisan más y mencionan 10^{11} galaxias, lo cierto es que ninguno de ellos menciona que ninguna ocupa un papel central y tampoco la homogeneidad e isotropía que enuncia el principio cosmológico.

► *Ítem 14.2: ¿Existen figuras que muestren las escalas de las distintas estructuras del universo?*

Sólo cuatro de los libros analizados muestran figuras en las que aparezcan representadas las distintas escalas del universo. Las imágenes que aparecen realizan un zoom progresivo del estilo: Sistema Solar, Estrellas próximas, Galaxia, Grupo Local, Supercúmulo, Universo, e incluso un manual plantea una actividad de escalas con esa figura.

► *Ítem 15.1: ¿Se descarta la astrología como ciencia?*

En la mitad de los manuales analizados se analiza esta cuestión, bien sea al inicio del tema al hablar de la ciencia, como comentario en el texto al referirse a la precesión de los equinoccios, o planteando alguna actividad con el fin de destapar el carácter pseudocientífico de la astrología.

► *Ítem 15.2: ¿Se cuestiona la ufología?*

Esta cuestión está menos trabajada que la anterior, al aparecer tratada en tan solo 3 de los textos analizados, señalando en algún caso que “ninguna de las personas que afirman haber visto un OVNI, son astrónomos”. Nuevamente se evita una interesante posibilidad de ejercitar el pensamiento crítico.

En resumen, se puede apreciar que las grandes editoriales apuestan poco por las innovaciones, y por eso no suelen tener en cuenta las dificultades de los estudiantes, como lo evidencia el que la media de respuestas afirmativas al cuestionario de los libros ha sido de 7,3 sobre 14 ítems posibles, es decir, bastante baja. Siete de los 14 libros analizados se encuentran por encima de la media. Un 31,1% de los estudiantes utilizó el libro de la editorial Teide, que obtuvo 8 respuestas afirmativas. Un 24,8% de los estudiantes se sirvió del libro de la editorial Bruño, cuyas respuestas afirmativas fueron 12. Un 45,1% de los estudiantes utilizó el libro de la editorial Santillana, con tan sólo 5 respuestas afirmativas en todo el cuestionario. Aunque la media de estos 3 libros sea de 8,3 respuestas afirmativas, se encuentra sólo ligeramente por encima del promedio y los resultados de los estudiantes han sido pobres en todos los grupos, lo que indica las dificultades del aprendizaje de la astronomía y que la enseñanza usual de la misma, de la que los libros de texto son buenos indicadores, no las tiene en cuenta.

5. Conclusiones y perspectivas

Los resultados obtenidos confirman nuestra hipótesis de que la mayoría de los y las estudiantes no comprenden y/o desconocen aspectos básicos de la astronomía, pese a la reiterada enseñanza de la misma. Así, sólo un 6,2% del alumnado sería capaz de orientarse de día y de noche, un 12,4% explica las estaciones a partir de la inclinación del eje y ninguno es capaz de explicar las fases de la Luna. Sólo un 28,3% cuestionan un enunciado basado en el modelo geocéntrico y un escaso 3,6% conocen un hecho que lo puso en cuestión, es decir, no comprenden el papel de los modelos en la ciencia.

Sólo un 5,4% conocen una aplicación de la astronomía y la observación en que se basa y un 27,1% ha sido capaz de citar dos tecnologías que hayan contribuido al desarrollo de la astronomía.

Evidentemente, si no comprenden aspectos más básicos, relacionados muchos de ellos con el sistema Sol, Tierra, Luna, difícilmente comprenderán otros más avanzados. Así, sólo un 1,8% de los estudiantes acierta con el orden de magnitud de los radios de la Tierra, Júpiter y el Sol a una escala dada y apenas un 4,4% comprende que la Vía Láctea observada en el firmamento nocturno corresponde a una mayor agrupación de estrellas en el plano de la Vía Láctea. Aunque un 19,5% nombra el Big Bang como origen de la expansión del Universo, se trata de un conocimiento meramente verbal ya que ninguno menciona que es el espacio el que se expande, no el Universo el que se expande en un espacio preexistente y sólo un 0,9% conoce 2 pruebas de la expansión. Y, lo que nos parece más grave, tan sólo un 12,4% diferencia entre astrología y astronomía y es consciente de que la primera no es una ciencia, lo que evidencia un escaso nivel de pensamiento crítico.

El análisis de los textos pone de manifiesto que la enseñanza de la astronomía no contribuye a mejorar el aprendizaje, porque no tiene en cuenta las dificultades de los y las estudiantes. En concreto, dicha enseñanza se realiza de una forma muy teórica y verbalista y sin mostrar las observaciones que han permitido comprobar los enunciados astronómicos, sin tener en cuenta la escasa comprensión que tienen los estudiantes de aspectos astronómicos básicos del sistema Sol-Tierra-Luna, insistentemente estudiados en primaria. Tampoco se trabajan suficientemente las dimensiones y tiempos astronómicos, muy dificultosos para el alumnado, porque superan con mucho la escala humana ni cuestiones que permitan desarrollar competencias críticas. Y aunque si aparecen las relaciones de la astronomía con la tecnología no se mencionan apenas las aplicaciones básicas de la astronomía necesarias para la supervivencia de la especie.

Para superar estas dificultades estamos elaborando una propuesta para el tema *Nuestro lugar en el Universo* de *Ciencias del Mundo Contemporáneo*. A nivel *conceptual* esta propuesta aprovecha la historia de la ciencia para una mayor comprensión de los conocimientos científicos, considerando los problemas planteados que llevaron a la construcción de dichos conocimientos, abordando las dificultades científicas e ideológicas con las que, a lo largo de muchos años, numerosos científicos tuvieron que enfrentarse, ya que algunas de dichas dificultades ayudan a entender por qué resulta tan difícil la comprensión de la astronomía por los estudiantes [27]. De este modo el estudio de la astronomía puede contribuir a la argumentación científica, con la búsqueda y uso de pruebas de los diversos enunciados y modelos [28].

A nivel de *procedimientos* hay que tener en cuenta

que la astronomía es una ciencia observacional y olvidarlo puede ofrecer una visión deformada de esta. Dentro de la astronomía diurna se puede comenzar con la construcción y utilización de un reloj de Sol o de un Gnomon. Para cambiar la idea alternativa de que el único astro visible por el día es el Sol, se deben hacer observaciones diurnas de Venus y la Luna, que además ayudarán a comprender las fases lunares. También las nocturnas, en las que se maneje el planisferio. Es imprescindible realizar modelos a escala a fin de que el estudiante forme su representación mental de las dimensiones del sistema estudiado (Sistema Solar, Galaxia, Universo).

El nivel *axiológico* se puede introducir mediante actividades CTS [29] como mostrar la utilidad y las repercusiones que tiene la astronomía en la orientación, la agricultura, el calendario, la arquitectura, etc. O las múltiples aplicaciones en la vida actual de los satélites artificiales. La astronomía también puede fomentar el pensamiento crítico, tan importante en la ciencia como en la educación [30], con el cuestionamiento de la autoridad, de pseudociencias como la astrología o la ufología o del eurocentrismo, ya que todas las civilizaciones han cultivado la astronomía. Destacar el papel de las mujeres en el desarrollo de la misma, desde Hypatia de Alejandría, a Maria Mitchell, Williamina Fleming, Henrietta S. Leavitt, Cecilia Payne-Gaposchkin o Jocelyn Bell [31], es importante si se tiene en cuenta el mayor abandono de las alumnas de los estudios de física.

Esta unidad didáctica está siendo utilizada con estudiantes de 1º de Bachillerato para comprobar si permite superar las dificultades de aprendizaje mostradas en este trabajo y facilita que los estudiantes se asomen a aspectos fundamentales de la actividad científica usualmente ignorados en la enseñanza como familiarizar con la naturaleza de la ciencia, cuestionar las concepciones del universo y mostrar las relaciones CTS. Algo necesario para romper con el creciente desinterés hacia los estudios de física señalado al principio de este trabajo.

Referencias

- [1] P. Lima Jr, F. Lang da Silveira e F. Ostermann, *Revista Brasileira de Ensino de Física* **34**, 1403 (2012)
- [2] J. Solbes, R. Montserrat y C. Furió, *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales* **21**, 91 (2007).
- [3] M. Rocard, P. Csermely, D. Jorde, D. Lenzen, H. Walberg-Henriksson and V. Hemmo *Science Education Now: A Renewed Pedagogy for the Future of Europe* (European Communities, Belgium, 2007). http://ec.europa.eu/research/science-society/document_library/pdf_06/report-rocard-on-science-education_en.pdf.
- [4] J. Solbes, *J. Alambique* **67**, 53 (2011).
- [5] N. Comins, in *Proceedings of the Third International Seminar on Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics* (Cornell University, Ithaca, 1993).
- [6] R. Trumper, *International Journal of Science Education* **23**, 1111 (2001).
- [7] L. Hanson and A. Redfors, *Research in Science Education* **36**, 355 (2006).
- [8] A.L. Scarinci e J. Lopes, *Revista Brasileira de Ensino de Física* **28**, 89 (2006).
- [9] J. Dove, *International Journal of Science Education* **24**, 823 (2002).
- [10] K.C. Trundle, R.K. Atwood and J.E. Christopher, *International Journal of Science Education* **29**, 595 (2007).
- [11] J.M. Pasachoff, *The Physics Teacher* **39**, 381 (2001).
- [12] A. Vega Navarro, *Enseñanza de las Ciencias* **19**, 31 (2001)
- [13] N. Camino, *Enseñanza de las Ciencias* **13**, 81 (1995).
- [14] J. Parker and D. Heywood, *International Journal of Science Education* **20**, 503 (1998).
- [15] R. Atwood and V. Atwood, *Journal of Science Teacher education* **8**, 1 (1997).
- [16] F. Ogan-Bekiroglu, *International Journal of Science Education* **29**, 555 (2007).
- [17] J. Mulholland and I.S. Ginns, *Research in Science Education* **38**, 385 (2008).
- [18] K. Schoon, *Journal of Elementary Science Education* **7**, 27 (1995).
- [19] M.R. Matthews, *Enseñanza de las Ciencias* **12**, 255 (1994).
- [20] J. Solbes and M. Traver, *Science & Education* **12**, 703 (2003).
- [21] N. Lanciano, *Enseñanza de las Ciencias* **7**, 173 (1989).
- [22] S. García, *Cuadernos de Pedagogía* **136**, 27 (1986).
- [23] P. Saballs, *Alambique* **42**, 111 (2004).
- [24] S. Cardete, *Alambique* **61**, 38 (2009).
- [25] T. Davis, and C. Lineweaver, *Astronomical Society of Australia* **21**, 97 (2004).
- [26] J. Solbes, *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* **6**, 190 (2009).
- [27] J. Solbes and R. Palomar, *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales* **25**, 187 (2011).
- [28] M.P. Jiménez-Aleixandre, *10 Ideas Clave. Competencias en Argumentación y Uso de Pruebas* (Graó, Barcelona, 2010).
- [29] J. Solbes & A. Vilches, *Science Education* **81**, 377 (1997).
- [30] P. Freire, *Pedagogia da Autonomia* (Paz e Terra, Sao Paulo, 1996).
- [31] J. Sánchez Ron, *El Poder de la Ciencia* (Crítica, Madrid, 2006).