

# LOS ERRORES DE LOS LIBROS DE TEXTO DE PRIMER CURSO DE ESO SOBRE LA EVOLUCIÓN HISTÓRICA DEL CONOCIMIENTO DEL UNIVERSO

PÉREZ RODRÍGUEZ, UXÍO<sup>1</sup>; ÁLVAREZ LIRES, MARÍA<sup>1</sup> y SERRALLÉ MARZOA, JOSÉ FRANCISCO<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Facultade de Ciencias da Educación e do Deporte – University of Vigo.

<sup>2</sup> Servizo de Formación do Profesorado, Consellería de Educación e Ordenación Universitaria. Santiago de Compostela  
uxio.perez@uvigo.es

lires@uvigo.es

jfserralle@edu.xunta.es

**Resumen.** En este artículo se analiza el tratamiento que recibe la evolución histórica del conocimiento del Universo en libros de texto de Ciencias de la Naturaleza del Primer Curso de la Enseñanza Secundaria Obligatoria del Estado español. Se han hallado errores significativos en todos los ejemplares consultados, y se muestran aquí los que se cometen con mayor frecuencia.

**Palabras clave.** Historia de la Astronomía, libros de texto, Historia de la Ciencia, Educación Secundaria Obligatoria, materiales didácticos.

## Common textbook mistakes about the historical evolution of the knowledge of the universe, in the first course of secondary education in Spain

**Summary.** The aim of this review is to analyze the treatment that the historical evolution of the knowledge of the universe receives in the different natural sciences textbooks from the first course of Spanish compulsory secondary education (age 12-13). Important mistakes have been found in all the textbooks consulted, and those that are most frequently committed are shown here.

**Keywords.** History of Astronomy, Textbooks, History of Science, Compulsory Secondary Education, Didactic Materials.

## INTRODUCCIÓN

Desde hace tiempo, el desconocimiento de la Historia de la Ciencia y de la Técnica (HCT) en todos los niveles de enseñanza constituye una preocupación de la Unión Europea (Debru, 1999). Asimismo, su relación con la enseñanza científica ha despertado el interés de la comunidad de didáctica de las ciencias (Jiménez Aleixandre, 1996; Izquierdo, 1996, 1997; Quintanilla, Izquierdo y Adúriz-Bravo, 2005a, 2005b; Masson y Vázquez-Abad, 2006; Álvarez Lires, 2006) desde nuevos enfoques que consideran de utilidad la introducción de la historia de las disciplinas para propiciar la adquisición de conocimientos científicos, contribuir a la motivación del alumnado, formarlo en los aspectos más humanísticos de la construcción de la ciencia y, consecuentemente, avanzar en

la disminución del enorme fracaso escolar existente en el campo de las ciencias experimentales. No obstante, la introducción de la HCT en los niveles de Enseñanza Secundaria no está exenta de dificultades, las cuales hemos examinado en otro lugar (Álvarez Lires, 1999), entre las que no constituye un obstáculo menor el hecho de que apenas existan materiales didácticos elaborados con un mínimo de rigor.

Por lo que a la didáctica de los temas astronómicos se refiere, existen bastantes estudios sobre diversas vertientes de su enseñanza, revisiones de los cuales pueden encontrarse en Bailey y Slater (2004, 2005). Por poner algún ejemplo, en el contexto del Estado español Fernández

y Morales (1984) han analizado diferentes maneras de integrar la astronomía en el currículo y García Barros y otros (1997) han llevado a cabo un análisis de los textos escolares de Educación Primaria. Sin embargo, las aplicaciones didácticas de la historia de esta disciplina no han recibido demasiada atención por parte de los investigadores, aunque existen algunos trabajos sobre la utilización didáctica de la Historia de la Astronomía en el aula como los de Ten y Monrós (1984, 1985), Sneider y Ohadi (1998) y Álvarez Lires, Nuño y Solsona (2003).

La Ley Orgánica de Educación (2/2006, de 3 de mayo) dispone en su artículo 6.4 que las administraciones educativas establecerán el currículo de las distintas enseñanzas reguladas en la Ley, del cual formarán parte los aspectos básicos del currículo que constituyen las enseñanzas mínimas. Como contenido del área de Ciencias de la Naturaleza se incluyen aspectos relativos a la evolución histórica del conocimiento del Universo, por lo que los libros de texto de dicha asignatura incluirán apartados sobre dicho tema. El tratamiento que éste recibe en los libros de texto derivados de la LOGSE, el cual se desarrollará a continuación, no invita precisamente al optimismo y sería conveniente tener en cuenta los resultados de las investigaciones realizadas para no incurrir en los mismos errores en el futuro inmediato.

En una investigación anterior (Pérez Rodríguez y Álvarez Lires, 2006) se llevó a cabo un análisis preliminar del tratamiento que recibe la evolución histórica del conocimiento del universo en los libros de texto de Ciencias de la Naturaleza de 1º de ESO, consultando para ello nueve ejemplares<sup>1</sup> –escritos según el currículo de la LOGSE establecido por el Real Decreto 937/2001, de 3 de agosto– de las editoriales Santillana, Anaya, Vicens Vives, Edelvives, Oxford Educación, McGraw-Hill, Ecir, Rodeira y Casals<sup>2</sup> (ver *Apéndice I: Libros de texto analizados*). En este estudio se encontró que se cometen múltiples errores en el tratamiento otorgado a dicha evolución histórica. Algunos de ellos pueden considerarse simplificaciones aceptables y otras pequeñas imprecisiones u omisiones, pero en muchos otros casos se incurre en errores conceptuales severos o en anacronismos carentes de todo fundamento.

Tras haber identificado las incorrecciones, era preciso llevar a cabo un análisis más exhaustivo de estos libros y cuantificar con mayor exactitud la prevalencia concreta de los problemas detectados. Los resultados de este nuevo trabajo son los que se presentan en este artículo, en el que se ha optado por hacer referencia a estos nueve libros de texto mediante las letras A, B, C, D, E, F, G, H e I, sin indicar cuál es el que corresponde a cada letra.

Es preciso remarcar algunos aspectos antes de pasar a realizar el análisis de estos libros. En primer lugar, conviene precisar que aquí se parte de la idea de que el uso de los libros de texto, como material didáctico fundamental, no es lo más deseable para una enseñanza de las ciencias que permita realizar una aproximación a la construcción de los conocimientos científicos, en el sentido que se ha indicado con anterioridad referente a aumentar la motivación del alumnado y a contribuir a su formación en

los aspectos más humanísticos de la construcción de la ciencia. Al contrario, para que se produzcan aprendizajes significativos, es preciso que las actividades que se lleven a cabo se integren en una práctica científica escolar adecuada (Sanmartí e Izquierdo, 2001). Por ejemplo, la resolución de problemas relativos a situaciones de la vida real puede resultar de utilidad para contribuir a la adquisición de habilidades transferibles a diversos ámbitos del conocimiento (Lillo, 1999). Por lo que respecta a los temas astronómicos, es importante propiciar la observación de los fenómenos y sus consecuencias, así como mostrar la importancia que tienen para la vida diaria y las aplicaciones prácticas que de estos acontecimientos celestes se derivan (tanto en la actualidad como en épocas pretéritas). La experimentación con los acontecimientos celestes puede llevarse a cabo, por ejemplo, utilizando aplicaciones informáticas que permitan reproducirlos a voluntad (Pérez Rodríguez y Álvarez Lires, 2007) o empleando instrumentos sencillos para realizar observaciones (Ten y Monrós, 1984).

Además, la enseñanza de las ciencias en la Educación Secundaria Obligatoria pretende, entre otras cosas, que el alumnado sea capaz de reconocer y valorar las aportaciones de la ciencia para la mejora de las condiciones de existencia de los seres humanos y adoptar una actitud crítica fundamentada ante los grandes problemas que hoy plantean las relaciones entre ciencia, tecnología y sociedad. Por ello, los enfoques CTS pueden ser adecuados para abordar la enseñanza elemental de las ciencias, ya que este enfoque pretende promover la alfabetización científica y técnica de los ciudadanos, para que puedan participar en el proceso democrático de toma de decisiones y en la resolución de problemas relacionados con la ciencia y la tecnología (Membiela, 2001).

Teniendo en cuenta todo lo expresado anteriormente, convendría señalar que la introducción de la historia de las ciencias y de las técnicas se ha de hacer atendiendo a dos vertientes: la didáctica y la cultural (Álvarez Lires, 2000). El carácter didáctico ha de ayudar a la comprensión de los problemas de aprendizaje del alumnado, haciendo surgir sus representaciones a partir, por ejemplo, de un texto histórico o de la interpretación de una experiencia. El carácter cultural puede ofrecer una perspectiva acerca del papel desempeñado por las ciencias y las técnicas en la formación de las sociedades y de los valores implicados en la orientación de las investigaciones. Si se consigue la articulación de los objetivos didácticos y culturales –separados aquí a efectos analíticos–, la introducción de la historia de las ciencias y de las técnicas puede contribuir, como ya se ha indicado anteriormente, a motivar al alumnado para el estudio de las ciencias y su reflexión sobre ellas. Reflexionar sobre las condiciones de elaboración del saber puede propiciar la elaboración de unas representaciones más abiertas de las disciplinas escolares y de los saberes científicos.

Sin embargo, no se pretende en este artículo entrar a valorar en profundidad si los libros de texto analizados fomentan una actividad científica escolar apropiada. Lo antedicho tendría un enorme interés, pero ello excedería los propósitos de la presente investigación y se ha optado

por dejar ese análisis para el futuro. En su lugar, el objetivo de este trabajo no es otro que el de comprobar si los libros de texto reflejan los conocimientos de los que hoy en día se dispone sobre la evolución histórica del conocimiento del Universo y si ello se hace de una manera contextualizada en el tiempo histórico correspondiente. En investigaciones futuras se estudiarán los materiales escolares desde otras perspectivas, empleando nuevas categorías de análisis para intentar proporcionar una visión más completa del tratamiento que se otorga a los temas histórico-astronómicos en los libros de texto.

### Los errores de los libros de texto

Dado que la evolución del conocimiento sobre el Universo es una cuestión tremendamente compleja, necesariamente deberá ser adaptada para abordarla en un aula de secundaria, por lo que no sería lógico aquí considerar como errores simplificaciones razonables. Desde este punto de vista no sería coherente, por ejemplo, criticar las explicaciones de los libros de texto por sostener –incorrectamente– que Copérnico afirmaba que el Sol se hallaba en el centro de la órbita terrestre. En realidad según este astrónomo la estrella no ocupaba dicho centro, sino que se encontraba en un lugar relativamente próximo a él. Sin embargo, el modelo copernicano para los movimientos de la Tierra es demasiado complejo como para ser descrito con detalle en 1º de ESO<sup>3</sup>, y es preciso presentarlo de manera simplificada al alumnado.

Las inexactitudes que se abordarán aquí son de otra índole. Son, fundamentalmente, herederas de una visión tradicional y simplista de la historia para la que el conocimiento veraz de la realidad comienza en la época helénica y se detiene tras este periodo para no resurgir hasta el Renacimiento. Hoy en día esta postura resulta completamente indefendible a la luz de los datos históricos de los que se dispone, ya que es claro que antes de los tiempos de los antiguos griegos también hubo avances en el conocimiento, las artes y la tecnología, y que después de este periodo se produjeron asimismo numerosos progresos en estos mismos ámbitos. Por otra parte, muchos de los conocimientos griegos procedían de culturas anteriores y contemporáneas a la suya, y gran parte de los saberes de los que se partió en Europa durante el Renacimiento fueron tomados del mundo árabe, e incluso Copérnico parece haber tomado muchas de sus ideas de las tradiciones astronómicas del mundo musulmán (Saliba, 1996). También es destacable que ninguno de estos libros dedique espacio alguno a las aportaciones a la astronomía de las mujeres, cuando éste es uno de los ámbitos del conocimiento en los que más contribuciones han realizado (Dobson y Bracher, 1992; Larsen, 1995; Á. Lires, 2003).

Así, en esta investigación se recogen fundamentalmente las incorrecciones y omisiones halladas en los libros de texto. Las incorrecciones consisten en afirmaciones sin ningún sustento histórico, como por ejemplo sostener –erróneamente– que Galileo inventó el telescopio o que el sistema heliocéntrico de Copérnico era más sencillo que el geocéntrico de Ptolomeo. Por otra parte, se han de

recoger, también, las omisiones que contribuyan a perpetuar la visión tradicional de los vacíos intelectuales pre y posthelénicos, o que transmitan una visión de la ciencia aporreada y descontextualizada.

A continuación se señalan, pues, los errores que se han hallado con mayor frecuencia en los libros de texto analizados, presentando los que se hayan encontrado en al menos tres ejemplares.

#### *No reconocer la importancia de los descubrimientos no helénicos de la antigüedad*

Los cielos fueron objeto de estudio de culturas anteriores y contemporáneas a la griega, como la egipcia y la babilónica. No es posible recoger aquí todos los resultados interesantes a los que llegaron,<sup>4</sup> pero para poner algún ejemplo ilustrativo cabe señalar que los babilonios observaron los cielos desde épocas muy remotas y elaboraron sofisticadas teorías para predecir las posiciones de los astros.<sup>5</sup> Los egipcios, de quienes se ha heredado la división actual de los días en 24 horas, también estudiaron los movimientos celestes.<sup>6</sup>

Por lo tanto, si no se desea transmitir una visión prototípica de la historia en la que todo comienza en Grecia, es aconsejable recoger el interés de los antiguos por los cielos. Todos los libros de texto lo hacen de una u otra manera, y por ejemplo el libro A señala que los babilonios registraron durante mucho tiempo las posiciones de los astros. El H, por su parte, describe los calendarios egipcio, sumerio, chino, hindú, etc.

Sin embargo, varios libros de texto cometen un importante error: mencionar solamente los acercamientos más especulativos realizados en la antigüedad, explicando muchas veces sólo los componentes mitológicos de las visiones del Cosmos. En el libro B únicamente se dedican dos frases a la astronomía antigua, en las que se explica que los egipcios «pensaban que la Tierra tenía la forma de un plano cuadrado bajo un cielo triangular» y que los hindúes «creían que la Tierra era una semiesfera sostenida por cuatro elefantes que, a su vez, eran soportados por una gigantesca tortuga». Sobre las culturas prehelénicas el libro F sólo indica que «los antiguos egipcios consideraban que el cielo era una especie de toldo que se apoyaba en las cimas de las montañas». Afirmaciones como éstas contribuyen a perpetuar la idea según la cual la astronomía prehelénica consistió exclusivamente en una colección de leyendas, cuando la realidad es que en la antigüedad también se llevaron a cabo acercamientos más serios al estudio de los cielos.

El libro G señala que «Los antiguos griegos observaron el cielo a simple vista y diferenciaron las estrellas de los planetas. Las estrellas parecían fijas en el firmamento; en cambio, los planetas se movían». Así, este texto atribuye a los griegos descubrimientos que en realidad fueron realizados por personas de varias culturas. En Babilonia, por ejemplo, hacia el siglo XVII a. de C. no sólo se sabía que Venus no se hallaba siempre en la misma posición, sino que ya se observaban y registraban sus apariciones y desapariciones. El libro I, por su parte, no concede valor

a los descubrimientos que se realizaron en lugares diferentes al mundo heleno.

**Errores sobre los calendarios antiguos**

A lo largo del tiempo las distintas culturas fueron elaborando calendarios de diversa índole.<sup>7</sup> Se explicarán brevemente las características fundamentales de los más habituales:

– Los *calendarios solares* utilizan como referencia para establecer la duración del año el tiempo transcurrido entre dos pasos sucesivos del Sol por un lugar concreto del cielo (habitualmente el equinoccio<sup>8</sup> de primavera). Un ejemplo de esta clase de calendarios es el juliano, instaurado en la Antigua Roma por Julio César y que constaba de años de 365 días, con un año bisiesto de 366 días cada cuatro años. El calendario juliano es el antecesor directo de nuestro actual calendario gregoriano.<sup>9</sup>

– Los *calendarios lunares*, como el musulmán, no se guían por la posición del Sol sino por las fases de nuestro satélite. Sus años duran lo mismo que doce ciclos de fases lunares, un total de 354 o 355 días. No obstante, para que se produzca un ciclo completo de estaciones son necesarios algo más de 365 días (un año solar), por lo que al emplear estos calendarios las estaciones no comienzan todos los años en las mismas fechas, sino que se retrasan unos once días cada año.

– El retraso que se acaba de comentar es paliado por los *calendarios lunisolares*, como el hebreo o el babilonio. Éstos, al igual que los calendarios lunares, utilizan para establecer la duración de los meses el lapso de tiempo que tarda en repetirse una fase lunar concreta. Sin embargo, en estos calendarios no todos los años duran doce meses lunares, sino que algunos años constan de trece meses. El motivo es que, como se ha indicado previamente, un año lunar dura unos once días menos que uno solar, por lo que si cada tres años aproximadamente se añade un mes adicional al calendario se consigue que los cambios de estación se produzcan todos los años en la misma época.

Muchos libros de texto hablan sobre los calendarios antiguos y actuales, pero varios cometen errores. El libro E explica que el calendario juliano cometía un error de 7,5 días cada 1.000 años, y que con la reforma del mismo llevada a cabo por el emperador Constantino en el año 321 se introdujo «un nuevo error» de un día cada 128 años. La realidad es que en ambos casos el error era exactamente el mismo, aproximadamente de un día cada 128 años.

El texto H explica que «los primitivos calendarios chinos fijan ya [años de] 365 días más ¼ de día, con 12 lunas (o 13 para el ajuste periódico de ese ¼ de día)». La anterior afirmación no es muy clara y contiene incorrecciones. Como indica este libro, el calendario tradicional chino es lunisolar y consta de años de doce o trece meses lunares. No obstante, las «doce lunas» (doce meses lunares) de las que habla este texto duran unos 354 días, mientras que trece meses lunares necesitan casi 384 días. Así, en

ningún caso los años chinos serían de 365 días más ¼ de día, y sólo su duración promedio se acerca a este valor. Por otra parte, en este calendario no existe ningún «ajuste periódico» de ¼ de día.

Según el ejemplar D, el calendario hebreo consta de 12 meses solares. En realidad este calendario es lunisolar y su año dura 12 o 13 meses lunares, por lo que la equivocación es doble (ni el calendario hebreo está compuesto siempre de 12 meses ni éstos son meses solares).

El libro I indica que «en la era musulmana los meses lunares tienen de 25 a 30 días», cuando los meses de este tipo duran 29 o 30 días. Este texto también explica que «el comienzo de la era musulmana, o sea el año 0 musulmán, [...] tuvo lugar el 16 de julio del año 622 de la era cristiana», pero en aquella época el cero todavía no era empleado en el mundo musulmán, por lo que su calendario en realidad comienza en el año 1 y no en el año 0.

**Atribuir incorrectamente a algún autor la teoría geocéntrica**

Es muy difícil rastrear el origen del geocentrismo, la idea según la cual la Tierra se halla en el centro del Universo y el resto de astros giran en torno a ella. En cualquier caso, por ejemplo en la Antigua Grecia, Anaximandro de Mileto (c. 610-c. 546 a. de C.) y Pitágoras (c. 580-c. 500 a. de C.) defendían posturas geocéntricas en el siglo VI a. de C.<sup>10</sup>

Este sistema que trata de dar cuenta de la estructura del Universo no tuvo una única forma, circunstancia ésta que no es señalada por ningún libro de texto. Antes bien, se produjeron múltiples variantes que no es posible describir aquí<sup>11</sup>. Entre éstas se cuentan las teorías estrictamente geocéntricas<sup>12</sup> de Eudoxo (c. 408-c. 347 a. de C.), Calipo (c. 370-c. 300 a. de C.) y Aristóteles (384-322 a. de C.) y las que desplazaban ligeramente a la Tierra del centro del Universo<sup>13</sup>, como las de Hiparco (c. 190-c. 120 a. de C.) y Ptolomeo (c. 90-c. 168).

No obstante, algunos libros de texto atribuyen un autor concreto a esta teoría. Es lícito señalar, como hacen por ejemplo los libros B y H, que Ptolomeo defendió la teoría geocéntrica; no es correcto, en cambio, sostener que la teoría geocéntrica se debió a Ptolomeo (como hacen los libros E y G) o a Aristóteles (libro F). Las teorías de estos dos autores no sólo son posteriores a las de otras personas anteriores, sino que además son modificaciones de otras teorías previas concretas (de la de Hiparco en el caso de Ptolomeo y de la de Eudoxo y Calipo en el de Aristóteles).

**Sostener que el geocentrismo no era compatible con las observaciones**

Habitualmente en los libros de texto se sostiene que en los siglos XVI y XVII, así como en épocas anteriores, con la teoría geocéntrica no se conseguían predecir correctamente los movimientos celestes, y que ésta fue la causa del triunfo de la teoría heliocéntrica, que sí podía dar cuenta de ellos. Muy al contrario, ambas teorías poseían entonces muy similar poder predictivo<sup>14</sup> (con pequeñas

diferencias debidas a aspectos concretos de las teorías, no al punto de referencia que utilizaban), y por lo tanto no era posible decantarse por una o la otra mediante la observación de los cielos. Sin embargo, los libros B, F, G y H sostienen que la teoría de Ptolomeo no podía anticipar adecuadamente los movimientos de los planetas y la de Nicolás Copérnico (1473-1543) sí, cuando en realidad ambas predecían con similar precisión las posiciones futuras de los astros.

El libro A afirma que Galileo Galilei (1564-1642), «observando que Júpiter y sus satélites formaban un pequeño sistema planetario, pudo comprobar que ninguno de estos astros describía el extraño movimiento [...] que había ideado Ptolomeo». Ptolomeo evidentemente no propuso ninguna teoría para describir el movimiento de los satélites jovianos, dado que no sabía de su existencia, pero no habría tenido problema en elaborar para ellos modelos similares a los que había creado para dar cuenta de los movimientos de los planetas.

#### ***Transmitir la idea de que entre Ptolomeo y Copérnico medió un vacío intelectual***

En muchos lugares se sostiene que entre Ptolomeo y Copérnico medió un vacío intelectual de mil cuatrocientos años. No obstante, nada sustenta esta afirmación. Sin apartarse del mundo heleno, los estudios astronómicos no terminaron allí con la muerte de Ptolomeo,<sup>15</sup> sino que fueron continuados más tarde por pensadores y pensadoras como Teón de Alejandría (c. 335-c. 405) e Hipatia de Alejandría (c. 370-415). Por otra parte, durante el Imperio sasánida (226-651) existió alguna actividad astronómica influenciada por griegos e hindúes y recogida en idioma pahlavi.<sup>16</sup> En la India se llevaron a cabo estudios matemáticos y astronómicos, y por ejemplo Aryabhata (476-550) hacia el año 500 defendía la rotación de la Tierra.<sup>17</sup> Otros autores hindúes como Brahmagupta (598-668) o Bhaskara II (1114-1185) continuaron realizando estudios sobre temas astronómicos y matemáticos.

En el mundo árabe, a partir del siglo VIII comenzaron a llegar obras de diversa temática escritas en sánscrito, persa y griego.<sup>18</sup> Tras su traducción y posterior estudio,<sup>19</sup> los árabes llevaron a cabo importantes avances en una infinidad de campos como la óptica, la medicina, las matemáticas y, por supuesto, la astronomía.<sup>20</sup> Por lo que respecta a esta última área de conocimiento, es preciso destacar la importancia de los estudios astronómicos de al-Tusi (1201-1274), al-Urdi (muerto en 1266) y al-Shatir (1304-1375), que son esenciales aquí, dado que es muy posible que Copérnico tuviera conocimiento de los teoremas geométricos que hallaron y los modelos planetarios que propusieron, e hiciera uso de ellos a la hora de proponer sus teorías.<sup>21</sup> Por ejemplo, el modelo para explicar los movimientos lunares de Copérnico es prácticamente idéntico al de al-Shatir.<sup>22</sup>

No obstante, en los libros de texto analizados en el presente estudio no hay mención alguna a estos estudios posteriores a Ptolomeo. Por lo que respecta a la gran cantidad de problemas astronómicos prácticos para los que se propusieron soluciones en el mundo musulmán, las

únicas referencias que se hallan presentes se encuentran en los libros H e I, que señalan alguna característica del calendario musulmán.

En algunas ocasiones, además, la omisión se transforma en incorrección, y se llega a afirmar que durante la Edad Media se pensaba que la Tierra era plana, cuando ésta no era la concepción mayoritaria entre la gente instruida antes del Renacimiento. Así, el libro G afirma que las ideas sobre la redondez de nuestro planeta «quedaron olvidadas y, durante casi dos mil años, la mayoría continuó pensando que la Tierra era plana». En la misma línea, el libro B sostiene que «En la Edad Media se volvió a creer que la Tierra era como una inmensa caja en la que la base era la tierra y la tapa, el cielo», situación que persistiría hasta que «Elcano logró dar una vuelta completa a nuestro planeta» en 1522. Estas afirmaciones constituyen una defensa explícita de una concepción simplista de la historia del conocimiento, y contribuyen a perpetuar la idea errónea de la existencia de un vacío intelectual entre Ptolomeo y Copérnico.

#### ***Atribuir incorrectamente a Copérnico la creación de la teoría heliocéntrica***

En el mundo heleno Aristarco de Samos (c. 310-c. 230 a. de C.) defendió una teoría de corte heliocéntrico,<sup>23</sup> cuya existencia fue conocida por Copérnico.<sup>24</sup>

Por tanto, la idea de que la Tierra giraba en torno al Sol es muy anterior a Copérnico. Sin embargo, para los libros B, E y G fue este autor quien enunció la teoría heliocéntrica.

#### ***Sostener que los epiciclos eran una invención inútil***

El movimiento aparente de los planetas, el Sol y la Luna es bastante complejo. No siempre se desplazan a la misma velocidad, y los planetas además en algunos momentos detienen su marcha y comienzan a moverse en sentido contrario para más tarde retomar su dirección habitual, dibujando un bucle en el cielo (este fenómeno se conoce como el *movimiento retrógrado* de los planetas).

Para explicar estos bucles no bastaba con suponer sencillamente que los astros giraban en círculos con velocidad uniforme en torno al Sol o a la Tierra, por lo que astrónomos como Hiparco,<sup>25</sup> Ptolomeo,<sup>26</sup> al-Tusi<sup>27</sup> y Copérnico<sup>28</sup> tuvieron que introducir complicaciones adicionales en sus teorías, suponiendo que los astros no se movían simplemente en círculos. Una de estas sofisticaciones fueron los *epiciclos*, circunferencias auxiliares cuyo movimiento se sumaba a los desplazamientos principales. Con su uso se explicaban fenómenos como la retrogradación de los planetas o la diferente duración de las estaciones.

El uso de los epiciclos y otras construcciones similares fue amplio en Grecia,<sup>29</sup> la India,<sup>30</sup> el mundo árabe<sup>31</sup> y el renacentista,<sup>32</sup> y es preciso subrayar que esta afirmación se aplica también a Copérnico, quien utilizaba decenas de estas construcciones auxiliares en sus obras.<sup>33</sup> El sistema del astrónomo polaco era tremendamente complejo, tanto o más que el de Ptolomeo, y como ya se ha apuntado,

con ambos sistemas se hacían predicciones similares de los movimientos planetarios. Por tanto, en ningún caso es aceptable sostener que los epiciclos sólo eran necesarios para la teoría geocéntrica y no para la heliocéntrica. Hasta que Johannes Kepler (1571-1630) propuso que las órbitas eran elípticas no hubo modelos planetarios que condujesen a predicciones precisas sin recurrir a los epiciclos y a otras sofisticaciones de la misma índole.

Tres libros de texto explican someramente los epiciclos. El texto C describe correctamente que «como los planetas tienen un curioso movimiento propio en forma de bucles, [Ptolomeo] para poder explicarlo colocó pequeños “rizos” dentro de las órbitas», poniendo debajo dos figuras en las que se explica el mecanismo de los epiciclos. Sin embargo, cuando este libro pasa a describir las aportaciones de Copérnico no detalla el uso que éste hizo de los epiciclos, y en la figura que describe el sistema heliocéntrico éstos no aparecen. Los libros A y B también dibujan epiciclos en la figura sobre el modelo de Ptolomeo pero no en el de Copérnico, dando a entender que los modelos planetarios de este último astrónomo eran más simples que los de Ptolomeo.

**Sostener que determinados autores demostraron la validez del heliocentrismo, cuando en realidad no lo hicieron**

A pesar de que la teoría heliocéntrica poseía interesantes ventajas sobre la geocéntrica que no es posible describir aquí,<sup>34</sup> las personas que durante la Edad Moderna se plantearon la posibilidad de explicar los movimientos celestes mediante su uso se toparon también con serias dificultades. Por una parte, el supuesto movimiento de la Tierra no era notado por sus pobladores, pero además existía una importante evidencia observacional en contra de esta teoría: las estrellas parecían, a simple vista, permanecer en el mismo lugar del firmamento en todas las épocas del año. Si la Tierra no se hallaba siempre en el mismo lugar, como sostenía la postura heliocéntrica, las estrellas deberían mostrar variaciones cíclicas en sus posiciones, ya que serían observadas desde diferentes puntos de vista en cada lugar de la órbita terrestre. Este efecto recibe el nombre de *paralaje estelar* y es análogo al hecho que se observa diariamente que consiste en que si una persona se mueve los objetos que le rodean también parecen desplazarse, siendo este efecto más acusado cuanto más cercanos se hallen dichos objetos.

Una predicción inevitable de la teoría heliocéntrica consistía, por tanto, en que deberían observarse determinados movimientos aparentes de las estrellas. Concretamente, éstas tendrían que describir pequeñas elipses igual que nuestro planeta recorre una órbita elíptica. Sin embargo, esta paralaje no fue detectada hasta 1838 por Friedrich Bessel (1784-1846), casi dos siglos después de la muerte de Galileo.<sup>35</sup> En la misma línea, no hubo pruebas directas de la rotación terrestre hasta que Jean Foucault (1819-1868) construyó su famoso péndulo en 1851.

En resumen, no fue hasta mediados del siglo XIX cuando se dispuso de evidencias observacionales y experimentales que sustentasen algunas importantes predicciones de la teoría heliocéntrica. Muchos libros de texto, no

obstante, explican que autores anteriores a estas épocas –como Copérnico, Galileo o Kepler– hallaron pruebas definitivas de la veracidad de la teoría heliocéntrica, lo cual no es correcto. El libro B sostiene que el sistema copernicano fue confirmado por Galileo, quien con su telescopio «pudo hacer observaciones muy precisas que sólo podían explicarse mediante el modelo de Copérnico», y el texto A se pronuncia en términos similares. El libro F sostiene que la teoría de Copérnico fue verificada por Galileo y por Kepler. Para el texto D «Copérnico demostró que la Tierra describía dos movimientos fundamentales [rotación y traslación]», señalando además que «En 1632 Galileo corroboró las ideas de Copérnico sobre la movilidad de la Tierra». El libro I, por fin, sostiene que «gracias a los trabajos de científicos como Nicolás Copérnico, Johannes Kepler y Galileo Galilei, se comprobó que la Tierra y los demás planetas giran alrededor del Sol». En realidad, ninguno de estos autores dio pruebas definitivas de la superioridad del heliocentrismo sobre el geocentrismo.

**Atribuir descubrimientos o invenciones a Galileo que éste no realizó**

En varios libros de texto se encuentran afirmaciones sobre diversas invenciones y descubrimientos de Galileo, como las que sostienen que inventó el telescopio (libro G), que fue el primer astrónomo que utilizó dicho aparato para observar el cielo (textos E, F y G) o que descubrió los cuatro satélites mayores de Júpiter (libro H). Las dos primeras afirmaciones, aunque se hallan muy extendidas, son falsas, y la tercera es discutible o al menos matizable.

La primera referencia no ambigua de la que se dispone según la cual el telescopio había sido inventado data de 1608, y Galileo no supo de la existencia de este aparato hasta el año siguiente. El astrónomo italiano sí dedicó su tiempo a mejorar notablemente el rendimiento de este artefacto, pero no fue su inventor. Por lo que respecta al supuesto primer uso astronómico de esta invención por parte de Galileo Galilei, en 1608 ya se había señalado que el telescopio revelaba estrellas que eran invisibles al ojo desnudo, y Thomas Harriot (1560-1621) comenzó a hacer estudios serios sobre el cielo un poco antes que el italiano.<sup>36</sup> En cuanto al descubrimiento de los cuatro satélites de Júpiter –hoy conocidos como *satélites galileanos*<sup>37</sup>–, las circunstancias no son del todo claras. En tiempos de Galileo, Simon Marius (1573-1624) sostenía haber descubierto también estos astros antes que el italiano, pero Marius publicó sus observaciones después que Galileo y no es tarea fácil comprobar la veracidad de sus afirmaciones.<sup>38</sup>

**Daticiones incorrectas**

Se han localizado varias dataciones incorrectas en los libros de texto. El C sostiene que Ptolomeo llevó a cabo sus estudios en el siglo II a. de C., y este astrónomo no vivió hasta tres siglos después. El B afirma que «En el año 1530, el astrónomo polaco Nicolás Copérnico propuso que el centro del Universo no era la Tierra sino el Sol», y Copérnico no publicó su obra en la que defendía el heliocentrismo hasta 1543, si bien hacia 1512 ya había

redactado las ideas clave de su sistema, las cuales circulaban de mano en mano por Europa.<sup>39</sup>

El D, por su parte, sostiene que la teoría heliocéntrica «fue declarada herejía en 1543 por la Iglesia de Roma», cuando esta acusación no tuvo lugar hasta 1616. Este mismo libro afirma, ya partiendo de una equivocación, que «los astrónomos de la antigüedad únicamente disponían de dos instrumentos para estudiar la posición de los astros, el gnomón y el sextante», explicando después que para el estudio detallado de los astros fueron necesarios otros aparatos más complejos como el telescopio. Sin embargo, y además de que en la antigüedad se disponía de muchos otros instrumentos para conocer la posición de los astros como la dioptra, el cuadrante y el anillo ecuatorial, el sextante es una invención posterior al telescopio.

El libro I comete una doble incorrección al sostener que la teoría heliocéntrica nació en Grecia en el siglo VI a. de C. (tres siglos antes de Aristarco de Samos) y que la geocéntrica no apareció en este lugar hasta que Ptolomeo la enunció en el siglo II (como se ha señalado anteriormente, Anaximandro en el siglo VI a. de C. ya defendía una teoría geocéntrica).

#### **No presentar la Astronomía en los contextos en los que se construye**

No es posible comprender la Historia de la Astronomía sin acudir a factores sociales y culturales, y esto es algo que los materiales escolares deberían tener en cuenta. Por lo que respecta a los libros de texto aquí analizados, la situación podría resumirse en lo siguiente: en ellos existe un intento por abarcar aspectos histórico-astronómicos, pero rara vez se proporciona la información acerca del contexto sociocultural que sería precisa para poder darles sentido y valorar la importancia de los temas astronómicos en los diferentes tiempos y culturas.

Así, por ejemplo, muchos de estos libros (todos salvo los B, F y G) enumeran diferentes tipos de calendarios empleados por diversas culturas, como ya se ha señalado. Sin embargo, no suelen indicar el interés práctico que tenía para estas civilizaciones encontrar ciclos y simetrías en los movimientos de los astros que les permitieran «contar el tiempo» para planificar la actividad humana ligada a ciclos climatológicos (agricultura, crianza de animales, etc.). Las únicas excepciones las constituyen los ejemplares A y C, que hacen una breve referencia al interés de los antiguos egipcios por conocer las épocas de crecida del Nilo. Asimismo, los libros C y H comentan que los calendarios lunares presentaban dificultades en el cálculo de las fechas para realizar las tareas agrícolas, pero no explican el motivo, y es interesante señalar además que ninguno de los textos analizados indica por qué en el mundo árabe se prefirió utilizar el cómputo lunar a pesar de sus desventajas.<sup>40</sup> Por lo que respecta al cálculo de la hora del día, únicamente el ejemplar G da cuenta de la utilización de relojes de sol en la antigüedad.

Otro problema astronómico de gran interés para las antiguas civilizaciones era el de la orientación por medio de los astros, esencial, por ejemplo, para la realización de viajes

terrestres o marítimos.<sup>41</sup> Sólo los libros D, G e I hacen referencia a este hecho.

Otro ejemplo de la no inclusión de la información sociocultural necesaria para dar significado a las informaciones presentadas puede hallarse en diversos libros cuando abordan la polémica geocentrismo-heliocentrismo. Los ejemplares B, C, D e I explican que quienes durante el Renacimiento defendieron el movimiento de la Tierra tuvieron problemas con la Inquisición, pero no indican por qué la Iglesia católica se oponía a esta visión del universo. En particular, de una interpretación literal de diversos pasajes de las Escrituras se desprendería que era el Sol el que se hallaba en movimiento.<sup>42</sup>

En suma, a la hora de analizar las concepciones astronómicas de otros tiempos y culturas estos ejemplares deberían tener en cuenta motivaciones como las religiosas, las civiles o las astrológicas, factores que van más allá de la mera fascinación o de la explicación de algunos fenómenos celestes muy patentes. En su lugar, en este breve análisis se muestra que, en mayor o menor medida, todos los libros de texto aquí estudiados transmiten una visión aproblemática y descontextualizada de los problemas histórico-astronómicos, sin relación con sus aplicaciones.

## **CONCLUSIONES**

Como queda patente en la tabla resumen de los problemas encontrados con mayor frecuencia (Tabla 1), estas incorrecciones y omisiones se hallan por doquier en los libros de texto. Alrededor de la mitad de las casillas de la tabla (un 51,5 %) están ocupadas, lo cual indica que estos fallos tienen una gran prevalencia.

En conjunto, de estas incorrecciones y omisiones se deduce que los libros de texto en muchas ocasiones presentan una visión deformada y simplista de la evolución histórica del conocimiento del Universo. La perpetuación de la ya superada visión tradicional del devenir de los acontecimientos histórico-científicos, la atribución de todos los progresos en el conocimiento a unos pocos pensadores geniales y heroicos, la transmisión de una imagen de la ciencia aproblemática, como algo nacido *ex nihilo*, sin hacer referencia al contexto social en el que se ha desarrollado ni a sus aplicaciones, o la comisión de numerosos errores conceptuales severos son algunos de los defectos más llamativos que se han detectado en estos libros. Además, este gran número de problemas es todavía más preocupante si se tiene en cuenta que el libro de texto es el material utilizado casi en exclusiva por una gran parte del profesorado.

En otro orden de cosas, las incorrecciones señaladas no son en absoluto exclusivas de estos textos. Así, los libros disponibles en castellano sobre historia de la astronomía se hallan, en su inmensa mayoría, plagados de estos y otros errores, y para obtener información verídica no queda muchas veces más remedio que acudir a los escritos originales o a literatura altamente especializada. Por ello, los libros de texto no hacen otra cosa que reflejar el

lamentable estado en el que se encuentra la divulgación sobre temas histórico-astronómicos. En este sentido, la investigación que se presenta puede resultar de utilidad para que el profesorado de secundaria –y de otras etapas educativas– pueda valerse de los resultados que aquí se muestran a la hora de reconocer las posibles incorrecciones que se hallen en el material didáctico. También puede servir de ayuda para la producción de libros de texto, proyectos curriculares o actividades de aula que estimulen la motivación, la reflexión y la creatividad del

alumnado. La puesta en marcha de la nueva ley educativa constituye una buena ocasión para ello.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo forma parte del proyecto financiado por el MEC, código SEJ2006-15589-C02-01/EDUC, parcialmente financiado con fondos FEDER.

## NOTAS

1. Hemos de expresar nuestro agradecimiento al Departamento de Ciencias Naturales del IES Álvaro Cunqueiro de Vigo, y en particular a su Catedrática Virginia Barros, así como a la profesora Beatriz Fernández, profesora de Audición y Lenguaje de la Concejalía de Asuntos Sociales del Ayuntamiento de O Porriño, por haber puesto a nuestra disposición los libros de texto que se han analizado en el presente estudio.
2. Salvo el texto de la editorial Casals estos libros se utilizan en la Comunidad Autónoma Gallega y están escritos en gallego. Cuando se cite alguno de ellos se traducirá el texto al castellano.
3. Copérnico explicaba el movimiento de traslación de la Tierra suponiendo que nuestro planeta daba una vuelta cada año alrededor de un punto que giraba en torno a otro punto, el cual, a su vez, daba vueltas alrededor del Sol. Su teoría incluía asimismo otras combinaciones adicionales de giros para explicar otros movimientos de la Tierra (Dreyer, 1953).
4. Para más información acerca de diversos aspectos de las astronomías antiguas, véase Teresi (2004).
5. Neugebauer (1969).
6. North (2001).
7. Evans (1998).
8. El Sol se halla en un equinoccio cuando se encuentra justamente en el ecuador celeste, esto es, en la proyección del ecuador terrestre sobre el cielo (Neugebauer, 1975).
9. En el calendario juliano había un año bisiesto cada cuatro años, por lo que la duración promedio del año en este calendario era de 365,25 días. Sin embargo, el año solar consta en realidad de unos 365,2422 días. Dado que esta cifra es ligeramente más pequeña que la anterior, fue necesario modificar el calendario, eliminando algunos años bisiestos. De esta manera, en nuestro calendario gregoriano son bisiestos los años múltiplos de cuatro, exceptuando los años múltiplos de 100 que no sean también múltiplos de 400.
10. Heath (2004).
11. Para obtener más información sobre estas teorías véase North (2001).
12. Véase Heath (1991).
13. Para una descripción de estas teorías, véase Evans (1998).
14. Evans (1998).
15. Evans (1998).
16. Morelon (1996).
17. Swerdlow (1973).
18. Morelon (1996).
19. Vernet (2006).
20. King (1996). Por poner algún ejemplo de los progresos sobre problemas astronómicos prácticos que se llevaron a cabo en el mundo musulmán, cabe señalar que los persas en el siglo XI ya utilizaban un calendario más preciso que el que se emplea en Occidente en la actualidad.
21. Pérez Rodríguez (2005).

22. Vernet (2000).
23. Di Trocchio (1999).
24. Heath (2004).
25. Neugebauer (1975).
26. Ptolomeo (1998).
27. Saliba (1994).
28. Swerdlow y Neugebauer (1984).
29. Evans (1998).
30. North (2001).
31. Saliba (1996).
32. Swerdlow y Neugebauer (1984).
33. Copérnico (2003, 2004).
34. Véase North (2001).
35. North (2001).
36. North (2001).
37. Los nombres con los que Galileo bautizó a estos satélites no son los que se emplean en la actualidad, que son los que, siguiendo una recomendación de Kepler, propuso Simon Marius (Io, Europa, Ganímedes y Calisto). El astrónomo italiano en realidad los llamó «estrellas medicas» en honor a Cosme II de Medici (Rossi, 1999).
38. Incluso se ha defendido que el chino Gan De (s. IV a. de C.) alcanzó a ver –sin telescopio– uno de los satélites de Júpiter ya en 364 a. de C. (Zezong, 1982). Es improbable, sin embargo, que se produjese dicho avistamiento (North, 2001).
39. Swerdlow y Neugebauer (1984).
40. Para comprender este punto habría que acudir, entre otros, a factores religiosos. Por ejemplo, Mahoma había prohibido explícitamente el uso de los meses intercalares propios de los calendarios lunisolares (Corán, 9:36-37).
41. Existieron, por supuesto, otros problemas relacionados con la orientación. Por ejemplo, como es sabido, las personas musulmanas tenían –y tienen aún– el deber de rezar varias veces al día en dirección al santuario de la Kaaba en La Meca. Para cumplir con esta prescripción era preciso, por tanto, averiguar en qué dirección se encontraba la Ciudad Santa. Este problema de orientación no era en absoluto trivial y recibió la atención de numerosos pensadores, que propusieron diversas soluciones para él.
42. Por ejemplo, en el Antiguo Testamento se dice: «Generación va, y generación viene; mas la tierra siempre permanece. Sale el sol, y se pone el sol, y se apresura a volver al lugar de donde se levanta» (Eclesiastés, 1:4-5). Asimismo, en el Libro de Josué (10:12), éste ordenó al Sol que se detuviera, lo cual implicaba que el astro se hallaba en movimiento. Existió algún intento por reconciliar las Escrituras con el copernicanismo. Así, Diego de Zúñiga (1536-1597) escribió en 1584 un comentario al Libro de Job en el que sostenía, por ejemplo, que el pasaje 9:6, «Él remueve la tierra de su sitio y se estremecen sus columnas», implicaba el movimiento terrestre (Kelter, 1995).



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ÁLVAREZ LIRES, M. (1999). The History of Science and Technology in Teacher Training, en DEBRU, C. (ed.). *History of Science and Technology in Education and Training in Europe. Euroscientia Conferences*. Brussels: European Commission DG RTD, pp. 261-263.
- ÁLVAREZ LIRES, M. (2000). Papel de la historia de las ciencias en la enseñanza de la química: situación actual y perspectivas, en Limón, M. et al. *Aspectos didácticos de Física y Química*. 9. Zaragoza: ICE Universidad de Zaragoza, pp. 29-69.
- ÁLVAREZ LIRES, M. (2006). La historia de la ciencia en la formación del profesorado de ciencias naturales, en Quintanilla, M. y Adúriz-Bravo, A. *Enseñar ciencias en el nuevo milenio. Retos y propuestas*. Santiago de Chile: Ediciones Universidad Pontificia Católica de Chile, pp. 239-257.
- ÁLVAREZ LIRES, M.; NUÑO, T. y SOLSONA, N. (2003). *Las científicas y su historia en el aula*. Madrid: Síntesis.
- BAILEY, J. y SLATER, T. F. (2004). A Review of Astronomy Education Research. *Astronomy Education Review*, Vol. 2 (2), pp. 20-45.
- BAILEY, J. y SLATER, T. F. (2005). Resource Letter AER-1: Astronomy education research. *American Journal of Physics*, Vol. 73 (8), pp. 677-685.
- COPÉRNICO, N. (2003). Sobre las Revoluciones de los Orbes Celestes, en Hawking, S. (ed.), *A Hombros de Gigantes*. Barcelona: Crítica, pp. 17-350.
- COPÉRNICO, N. (2004). Commentariolus, en ROSEN, E. (ed.), *Three Copernican Treatises*. Nueva York: Dover, pp. 55-90.
- DEBRU, C. (ed.) (1999). *History of Science and Technology in Education and Training in Europe. Euroscientia Conferences*. Bruselas: European Commission DG RTD.
- DI TROCCHIO, F. (1999). *El genio incomprendido*. Madrid: Alianza.
- DOBSON, A. y BRACHER, K. (1992). Urania's Heritage: A Historical Introduction to Women in Astronomy. *Mercury*, Vol. XXI (1), pp. 4-15.
- DREYER, J. L. E. (1953). *A History of Astronomy from Thales to Kepler*. Nueva York: Dover.
- EVANS, J. (1998). *The History and Practice of Ancient Astronomy*. Nueva York: Oxford University Press.
- FERNÁNDEZ URÍA, E. y MORALES LAMUELA, M. J. (1984). La Astronomía en el Bachillerato: diferentes enfoques. *Enseñanza de las Ciencias*, Vol. 2 (2), pp. 121-124.
- GARCÍA BARROS, S., MARTÍNEZ, C., MONDELO, M. y VEGA, P. (1997). La Astronomía en textos escolares de Educación Primaria. *Enseñanza de las Ciencias*, Vol. 15 (2), pp. 225-232.
- HEATH, T. L. (1991). *Greek Astronomy*. Nueva York: Dover.
- HEATH, T. L. (2004). *Aristarchus of Samos. The Ancient Copernicus*. Nueva York: Dover.
- IZQUIERDO, M. (dir.) (1996). *Col·lecció Ciències 12/16. Material Experimental*. Barcelona: Generalitat de Catalunya. Departament d'Ensenyament. Direcció General d'Ordenació Educativa. Centre de Documentació i Experimentació de Ciències.
- IZQUIERDO, M. (1997). ¿Qué sabemos actualmente sobre la construcción del conocimiento? en Álvarez Lires, M. y Pérez Mariño, M. (coords.), *O Ensino da Química*. Vigo: Universidade de Vigo, pp. 1-24.
- JIMÉNEZ ALEIXANDRE, M. P. (1996). *Dubidar para aprender*. Vigo: Edicións Xerais de Galicia.
- KELTER, I. A. (1995). The Refusal to Accommodate: Jesuit Exegetes and the Copernican System. *Sixteenth Century Journal*, Vol. 26 (2), pp. 273-283.
- KING, D. A. (1996). Astronomy and Islamic society: Quibla, gnomonics and timekeeping, en RASHED, R. (ed.). *Encyclopedia of the History of Arabic Science*. Londres: Routledge, pp. 128-184.
- LARSEN, K. (1995). Women in Astronomy: Inclusion in introductory textbooks. *American Journal of Physics*, Vol. 63 (2), pp. 126-131.
- LILLO, J. (1999). *El principio de localización y sus consecuencias didácticas*. Vigo: Universidade de Vigo.
- MASSON, S. y VÁZQUEZ-ABAD, J. (2006). Integrating History of Science in Science Education through Historical Microworlds to Promote Conceptual Change. *Journal of Science Education and Technology*. Vol. 15 (3), pp. 257-268.
- MEMBIELA, P. (2001). Una revisión del movimiento CTS, en Membiela, P. (ed.), *Enseñanza de las ciencias desde la perspectiva Ciencia-Tecnología-Sociedad*. Madrid: Narcea, pp. 91-108.
- MORELON, R. (1996). A general survey of Arabic astronomy, en Rashed, R. (ed.), *Encyclopedia of the History of Arabic Science*. London: Routledge, pp. 1-19.
- NEUGEBAUER, O. (1969). *The exact sciences in the antiquity*. Nueva York: Dover.
- NEUGEBAUER, O. (1975). *A History of Ancient Mathematical Astronomy. Part I*. Berlin: Springer-Verlag.
- NORTH, J. (2001). *Historia Fontana de la astronomía y la cosmología*. México D.F.: Fondo de Cultura Económica.
- PÉREZ RODRÍGUEZ, U. (2005). *Los estudios astronómicos de la Escuela de Maragha (Siglos XIII-XIV). El canto del cisne del sistema geocéntrico*. Trabajo de investigación tutelado. Universidade de Vigo. Inédito.
- PÉREZ RODRÍGUEZ, U. y ÁLVAREZ LIRES, M. (2006). La Evolución Histórica del Conocimiento del Universo en los Libros de Texto de 1º de ESO. *Revista de Investigación en Educación*, 3, pp. 133-151.
- PÉREZ RODRÍGUEZ, U. y ÁLVAREZ LIRES, M. (2007). Las nuevas tecnologías en la enseñanza de la Astronomía: el programa Stellarium. *Boletín das Ciencias. XX Congreso de ENCIGA*, Vol. 64, pp. 73-74.
- PTOLOMEO, C. (1998). Almagest, en Toomer, G. J. (ed.), *Ptolemy's Almagest*. Nueva Jersey: Princeton University Press, pp. 35-647.

- QUINTANILLA, M., IZQUIERDO, M. y ADÚRIZ-BRAVO, A. (2005a). Avances en la construcción de marcos teóricos para incorporar la historia de la ciencia en la formación inicial del profesorado de ciencias naturales. *VII Congreso Internacional sobre Investigación en la Didáctica de las Ciencias*. Granada: Universidad de Granada y Universitat Autònoma de Barcelona.
- QUINTANILLA, M., IZQUIERDO, M. y ADÚRIZ-BRAVO, A. (2005b). Definition and characterisation of a theoretical-methodological model (TMM) to integrate the history of science in pre-service chemistry teacher education. *Eight International History, Philosophy & Science Teaching Conference*. Leeds: University of Leeds.
- ROSSI, P. (1999). *El nacimiento de la ciencia moderna en Europa*. Barcelona: Crítica.
- SALIBA, G. (1994). *A History of Arabic Astronomy. Planetary Theories during the Golden Age of Islam*. Nueva York: New York University Press.
- SALIBA, G. (1996). Arabic planetary theories after the eleventh century AD, en Rashed, R. (ed.). *Encyclopedia of the History of Arabic Science*. Londres: Routledge, pp. 58-127.
- SANMARTÍ, N. e IZQUIERDO, M. (2001). Cambio y conservación en la enseñanza de las ciencias ante las TIC. *Alambique*, Vol. 29, pp. 71-83.
- SNEIDER, C. y OHADI, M. (1998). Unraveling students' misconceptions about the earth's shape and gravity. *Science Education*, Vol. 82 (2), pp. 265-284.
- SWERDLOW, N. M. (1973). A Lost Monument of Indian Astronomy. *Isis*, Vol. 64 (2), pp. 239-243.
- SWERDLOW, N. M. y NEUGEBAUER, O. (1984). *Mathematical Astronomy in Copernicus's De Revolutionibus. Part 1*. Nueva York: Springer-Verlag.
- TEN, A. E. y MONRÓS, M. A. (1984). Historia y Enseñanza de la Astronomía. Los primitivos instrumentos y su utilización pedagógica. I. *Enseñanza de las Ciencias*, Vol. 2 (1), pp. 49-56.
- TEN, A. E. y MONRÓS, M. A. (1985). Historia y Enseñanza de la Astronomía II. La posición de los cuerpos celestes. *Enseñanza de las Ciencias*, Vol. 3 (1), pp. 47-56.
- TERESI, D. (2004). *Los grandes descubrimientos perdidos*. Barcelona: Crítica.
- VERNET, J. (2000). *Astrología y astronomía en el Renacimiento*. Barcelona: El Acanalado.
- VERNET, J. (2006). *Lo que Europa debe al Islam de España*. Barcelona: El Acanalado.
- ZEZONG, X. (1982). The Discovery of Jupiter's Satellite Made by Gan De 2000 years Before Galileo. *Chinese Physics*, 2 (3), pp. 664-667.

[Artículo recibido en julio de 2008 y aceptado en julio, de 2008]

Anexo 1  
Libros de texto analizados.

BALIBREA, S. y otros (2002). <i>Ciencias da Natureza</i> . Madrid: Anaya.
DOMÈNECH, M. y otros (2002). <i>Atmos. Ciencias de la Naturaleza</i> . Barcelona: Casals.
GARCÍA, M. y otros (2002). <i>Ciencias da Natureza</i> . Valencia: Ecir.
LÓPEZ FENOY, V. y otros (2002). <i>Ciencias da Natureza</i> . Madrid: Edelvives.
CALVO ALDEA, D. y otros (2002). <i>Ciencias da Natureza</i> . Madrid: McGraw-Hill.
BARRIO GÓMEZ DE AGÜERO, J. y otros (2002). <i>Ciencias da Natureza</i> . Madrid: Oxford University Press España.
GARRIDO GONZÁLEZ, A. (dir.) (2002). <i>Ciencias da Natureza</i> . A Coruña: Rodeira-Grupo Edebé.
CEREZO GALLEGO, X. M. (dir.) (2003). <i>Supernova. Ciencias da Natureza</i> . Santiago de Compostela: Santillana.
FERNÁNDEZ ESTEBAN, M. A. y otros (2002). <i>Ámbito. Ciencias da Natureza</i> . A Coruña: Vicens Vives.

Tabla 1  
Resumen de los problemas más frecuentes.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
No reconocer la importancia de los descubrimientos no helénicos de la antigüedad.		●				●	●		●
Errores sobre los calendarios antiguos.				●	●			●	●
Atribuir incorrectamente a un autor la teoría geocéntrica.					●	●	●		
Sostener que el geocentrismo no era compatible con las observaciones.	●	●				●	●	●	
Transmitir la idea de que entre Ptolomeo y Copérnico medió un vacío intelectual.	●	●	●	●	●	●	●		
Atribuir a Copérnico la creación de la teoría heliocéntrica.		●			●		●		
Sostener que los epiciclos eran una invención inútil.	●	●	●						
Sostener que determinados autores demostraron la validez del heliocentrismo.	●	●		●		●			●
Atribuir descubrimientos o invenciones a Galileo que éste no realizó.					●	●	●	●	
Daticiones incorrectas.		●	●	●					●
No presentar la Astronomía en los contextos en los que se construye.	●	●	●	●	●	●	●	●	●

## Common textbook mistakes about the historical evolution of the knowledge of the universe, in the first course of secondary education in Spain

**PÉREZ RODRÍGUEZ, UXÍO<sup>1</sup>; ÁLVAREZ LIRES, MARÍA<sup>1</sup> and SERRALLÉ MARZOA, JOSÉ FRANCISCO<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Facultade de Ciencias da Educación e do Deporte – University of Vigo.

<sup>2</sup> Servizo de Formación do Profesorado, Consellería de Educación e Ordenación Universitaria. Santiago de Compostela

uxio.perez@uvigo.es

lires@uvigo.es

jfserralle@edu.xunta.es

### Abstract

The purpose of this study is to ascertain whether the textbooks have the current state of expertise available about the evolution of the knowledge of the universe, and if it's done into a historical context of the time line. In particular, we review the treatment of this historical evolution in natural sciences textbooks in the first year of secondary education in Spain.

This article shows that textbooks and school papers were made with many mistakes about historical and astronomical facets. Some of them could be considered as acceptable simplifications and others as small inaccuracies or omissions, but in many other cases there are deep conceptual mistakes or anachronisms without sense.

The most common problems in textbooks are:

- Not recognizing of the importance of old non-Greek discoveries.
- Mistakes related to old calendars and timetables.
- Incorrectly attributing the geocentric theory to an author.
- To argue that the geocentric model was not compatible with the observations.
- To expose the idea that between Ptolemy and Copernicus there was a period devoid of intellectual content.
- To relate Copernicus with the establishment of the heliocentric theory.
- To maintain that epicycles were useless inventions.

- To teach that certain authors showed the validity of the heliocentric model.

-To assign Galileo discoveries or inventions that he didn't make.

- Incorrect dates in the time line.

- Not show astronomy in the context in which it is going through.

As a whole, these inaccuracies and omissions show that textbooks often present a distorted and simplistic point of view of the historical evolution of knowledge of the universe. Moreover, this lot of problems is even more worrying if we think that the textbook is the only material used by many teachers.

These mistakes are not only in the textbook. Many books in the Spanish language about the history of astronomy have it and others mistakes, so to get genuine information is necessary to go through the original papers or revise highly specialized literature. In this sense, the research that is shown here may be useful for secondary teachers and also for other education levels as, they can use the results shown to recognize the potential mistakes in instructional materials for teaching. It can also help in the production of didactic texts, curriculum projects or classroom - laboratory activities that stimulate the motivation, reflection and creativity of their students.

In future research we will study the school materials from another point view, using new perspectives and complementary categories of analysis to provide a more complete sight of the treatment that it's giving to the historical and astronomical subjects in textbooks.