

# LA EVOLUCIÓN HISTÓRICA DEL CONOCIMIENTO DEL UNIVERSO EN LOS LIBROS DE TEXTO DE 1º DE ESO

UXÍO PÉREZ RODRÍGUEZ - *uxio.perez@uvigo.es*  
MARÍA ÁLVAREZ LIRES - *lires@uvigo.es*

*Facultade de Ciencias da Educación e do Deporte  
Universidade de Vigo*

**RESUMEN:** Se ha realizado una revisión del tratamiento que recibe la evolución histórica del conocimiento del Universo en los libros de texto de Ciencias de la Naturaleza del Primer Curso de la Enseñanza Secundaria Obligatoria. Se han hallado errores, en todos los ejemplares consultados, en sus explicaciones sobre el tema, especialmente en lo relativo a los sistemas geocéntrico y heliocéntrico.

**PALABRAS CLAVE:** Historia, Astronomía, Ciencia, Educación, Ptolomeo, Copérnico, Galileo, Enseñanza de las Ciencias, Historia de las Ciencias, Libros de texto.

**ABSTRACT:** A revision of the treatment made in text books of Sciences of the Nature of the First Course of Obligatory Secondary Education has been made about the historical evolution of the knowledge of the Universe. One has been errors, in all the units consulted, in their explanations on the subject, specially with respect to the geocentric and heliocentric systems.

**KEY WORDS:** History, Astronomy, Science, Education, Ptolemy, Copernicus, Galileo, Science Education, History of Science, Textbooks.

## 1. PROPÓSITO

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 (VVAA, 1998). Asimismo, su relación con la enseñanza científica ha despertado el interés de la comunidad de Didáctica de las Ciencias (Izquierdo, M., 1997) desde nuevos enfoques que consideran de utilidad la introducción de la historia de la disciplina para propiciar la adquisición de conocimientos científicos, contribuir a la motivación del alumnado, formarle 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, que hemos examinado en otro lugar (Álvarez Lires, M., 1999), entre las que no constituye un obstáculo menor el hecho de que no existan, prácticamente, materiales didácticos elaborados con un mínimo de rigor. Una de nuestras líneas de investigación tiene como objetivo diseñar materiales curriculares, susceptibles de ser empleados en todos los niveles de enseñanza, pero para ello es necesario que

analicemos, previamente, los que se ofrecen en el mercado editorial con objeto de poder introducir las propuestas de mejora necesarias.

En este caso, nos hemos fijado en el currículo de la ESO para el Primer Curso de Educación Secundaria Obligatoria, que incluye como contenido del área de Ciencias de la Naturaleza la evolución histórica del conocimiento del Universo. El propósito de este trabajo es analizar el tratamiento que se da a este tema en los libros que se utilizan en dicho curso. Para ello hemos consultado nueve libros de texto –todos ellos editados después del año 2002– de las editoriales Santillana, Anaya, Vicens Vives, Edelvives, Oxford Educación, McGraw-Hill, Ecir, Rodeira y Casals<sup>1</sup>.

En el transcurso de nuestra investigación hemos encontrado que se cometen múltiples errores en el tratamiento que recibe dicha evolución histórica. Algunos pueden considerarse simplificaciones necesarias y otros pequeñas imprecisiones u omisiones, pero en muchos casos nos hallamos ante flagrantes injusticias históricas o anacronismos carentes de todo fundamento. Esto último es particularmente cierto en lo que respecta a la exposición de los sistemas geocéntrico y heliocéntrico.

En lo que sigue hemos optado por exponer primero la explicación tradicional sobre la evolución del estudio de los movimientos celestes. Después señalaremos algunos de los errores que encierra esta exposición; no es éste el lugar para efectuar una revisión completa de la historia de la evolución del conocimiento de la cinemática celeste, así que sólo nos centraremos en los aspectos que nos han parecido más relevantes para nuestro propósito. Para finalizar, detallaremos en cuáles de estos errores incurren con mayor frecuencia los libros de texto.

Es importante que el profesorado de Secundaria conozca cómo se cree que sucedieron los hechos en realidad para poder distinguir las simplificaciones necesarias de los errores conceptuales. Las explicaciones al alumnado deben estar adaptadas a su nivel, pero no hay necesidad alguna de permitir que se perpetúen ideas equivocadas.

## **2. INTRODUCCIÓN HISTÓRICA**

### **2.1. La explicación tradicional**

En los textos no especializados que describen la evolución del conocimiento sobre los movimientos celestes se presenta generalmente una visión de los hechos que trataremos de resumir en este apartado.

Según esta exposición tradicional, en los tiempos prehelénicos las gentes del pasado habrían especulado sobre la disposición del Universo. En este punto, es habitual que se proporcionen algunos ejemplos de estas elucubraciones, las cuales, si no se presenta más información al respecto, pueden producir la impresión de que los antiguos no habían hecho el menor acercamiento serio al estudio de los cielos. Por ejemplo, no hay libro que no cite alguna variante de una de las antiguas concepciones hindúes del mundo, la que sostenía que la Tierra estaba sostenida por cuatro pilares, los cuales se apoyaban en cuatro elefantes que a su vez descansaban en una tortuga gigante que nadaba en un océano lácteo gigantesco rodeado por el cuerpo de una serpiente.

Siempre según el relato tradicional, la aproximación al estudio más o menos sistemático de la cinemática celeste habría comenzado en la Antigua Grecia. Allí sería donde Ptolomeo propondría un complicado sistema en el que los planetas se hallaban asidos a unos círculos que giraban sobre otros círculos (*epiciclos*), hallándose la Tierra en el centro del Universo. En la Antigüedad no todos habrían estado tan ciegos, puesto que Aristarco de Samos habría dado con la solución correcta, disponiendo que el Sol fuera en realidad el centro de las circunferencias celestes.

Después, nada interesante sucedería hasta el advenimiento de Copérnico. En ocasiones se reconoce que en el mundo árabe se llevó a cabo una labor de conservación y traducción de los textos antiguos, pero siempre subrayando que ésta no había sido una tarea creativa y que no se había realizado allí ninguna aportación relevante.

Una vez en el Renacimiento, Copérnico retomaría la propuesta de Aristarco, eliminando la necesidad de los complicados epiciclos ptolemaicos. Su sistema sería, además de infinitamente más simple y elegante que el de Ptolomeo, mucho más preciso a la hora de predecir los movimientos celestes.

En el siglo siguiente, Galileo utilizaría por primera vez en la historia de la Humanidad un telescopio para mirar hacia los cielos, encontrando múltiples pruebas de la veracidad de la propuesta copernicana. En algunos casos se comenta que su hallazgo de que Venus tenía fases no tenía cabida en el sistema ptolemaico, lo cual produciría su derrumbamiento. Por su parte, y gracias a los datos observacionales de Tycho Brahe, Kepler encontraría que las órbitas no eran en realidad circulares, sino elípticas. Por fin, Newton daría cuenta de las causas de los movimientos celestes con su Ley de la Gravedad, demostrando para siempre la verdad del sistema heliocéntrico. Hasta aquí la versión tradicional que contienen los libros de texto.

## **2.2. Los errores de la explicación tradicional**

Por muy familiar que pueda resultar la anterior exposición, habitan en ella severos errores, algunos de los cuales señalaremos en los siguientes apartados.

### ***2.2.1. Los tiempos prehelénicos***

La astronomía prehelénica tiene un indudable componente mitológico, pero ello no implica que en aquellos tiempos los seres humanos se limitasen a realizar especulaciones sin fundamento.

En Babilonia, la observación de los cielos era tomada muy en serio<sup>2</sup>. Se conservan tablillas que recogen las apariciones y desapariciones de Venus datadas hacia 1500 a.n.e., así como registros de los eclipses y los momentos en los que se producía la Luna Nueva igualmente procedentes de fechas muy tempranas. Los babilonios se interesaron por los movimientos de la Luna y el Sol entre otras cosas para perfeccionar su calendario, y derivaron métodos algebraicos para predecir las posiciones de los cuerpos celestes en momentos futuros. Sus observaciones y teorías llegarían después al mundo griego, donde serían utilizadas por los autores helenos.

No queremos extendernos más en este punto, por lo que renunciaremos a hablar de la astronomía hindú, china y egipcia, entre otras. Sobre éstas sólo queremos señalar que, a pesar de que en aquel momento sus hallazgos y propuestas no alcanzaron el nivel de la de Babilonia, no deben ser tampoco tratadas con desprecio y tachadas de especulaciones absurdas. Aunque la astronomía prehelénica está impregnada por los mitos, las necesidades religiosas y astrológicas fueron un estímulo fundamental para el desarrollo de la disciplina que nos ocupa. Fueran cuales fueran las motivaciones de los astrónomos de la Antigüedad, no cabe duda de que sus hallazgos merecen consideración.

### ***2.2.2. El mundo helénico***

Es habitual describir la historia del estudio de la posición de la Tierra en el Universo como si sólo hubiese existido la dicotomía geocentrismo-heliocentrismo. Antes bien, hubo muchas otras alternativas que considerar, aunque no se conocen con exactitud todos los detalles de la cuestión, por lo que es difícil afirmar con rotundidad que fue una determinada persona la primera que propuso un modelo concreto.

No hubo que esperar a Ptolomeo para que empezaran a aparecer en la Antigua Grecia modelos cosmológicos en los que el mito dejara de estar presente. Tales (aprox.

624-547 a.n.e.) hablaba de una Tierra plana circular encerrada bajo la bóveda celeste, con esta última girando en torno a nuestro planeta. Anaximandro (aprox. 610-547 a.n.e.), por su parte, decía que la Tierra era un cilindro que flotaba en el centro del Universo, a diferencia de las anteriores concepciones que propugnaban que nuestro planeta necesariamente debía estar apoyado sobre algún sustento; por orden de proximidad, alrededor de la Tierra giraría la esfera que transportaba las estrellas, luego estaría el anillo de la Luna y por último el anillo del Sol. Anaxímenes, compañero y posiblemente discípulo del anterior pensador, ya observó que había cuerpos que variaban su posición noche tras noche (los planetas), los cuales flotarían suspendidos en el aire. A diferencia de su maestro, situó las estrellas más allá del Sol.

Lo que comúnmente se entiende por *sistema geocéntrico* no fue una invención de Ptolomeo, sino que habitualmente es atribuida a Pitágoras (aprox. 580-500 a.n.e.). Consistía en un sistema estrictamente geocéntrico en el que el Sol, la Luna, los planetas y las estrellas giraban en torno a la Tierra arrastrados por unas esferas celestes, con una sola esfera por planeta. La pretendida autoría de este modelo debe ser, evidentemente, puesta en cuarentena, entre otros motivos porque es perfectamente sabido que no es posible hoy en día averiguar cuáles de las supuestas creaciones de Pitágoras fueron suyas o de sus muchos seguidores y seguidoras (recordemos que las mujeres eran admitidas en las escuelas pitagóricas en pie de igualdad).

Filolao, un pitagórico que vivió en Tebas hacia finales del siglo V a.n.e., propuso un sistema también de esferas celestes en el que ni el Sol ni la Tierra estaban en el centro del Universo; en su lugar, éste estaría ocupado por un Fuego Central que nunca veríamos a menos que viajásemos a la cara opuesta de nuestro planeta. También introdujo otro cuerpo en el sistema, el *antichton* o *Anti-Tierra*, asimismo invisible por idéntico motivo que en el anterior caso. Por peregrinas que puedan resultar a nuestros ojos del siglo XXI las ideas de Filolao, él fue el primer pensador conocido que desplazó a la Tierra del centro del Universo y que especuló acerca de la rotación diaria terrestre.

Platón (aprox. 428-347 a.n.e.), quien no necesita presentación, estaba de acuerdo con la idea de la perfección de la circularidad. Por tanto, los cuerpos celestes debían ser esféricos y describirían trayectorias circulares. Platón no fue un gran matemático y no pudo traducir sus ideas a modelos concretos, pero su discípulo Eudoxo de Cnido (aprox. 408-355 a.n.e.) fue uno de los mejores matemáticos de la antigüedad, y propuso un sistema que, junto al de Ptolomeo, perviviría hasta el Renacimiento.

El sistema de Eudoxo pretendía dar cuenta de un intrigante comportamiento de los planetas. Éstos, en su trayectoria, en determinados momentos parecen detener su movimiento hasta que éste llega a invertirse, y tras un corto período de *retrogradación* vuelven a retomar su sentido de la marcha habitual, describiendo así un pequeño bucle. La solución de Eudoxo consistió en utilizar combinaciones de esferas para explicar el movimiento de cada planeta. No detallaremos aquí los pormenores de esta solución, pero es importante destacar que todas las esferas de Eudoxo –27– tenían como centro nuestro planeta. Era un modelo *estrictamente geocéntrico*.

Uno de los motivos que garantizó tan larga vida al modelo del de Cnido fue su adopción por Aristóteles (384-322 a.n.e.), pensador, como es sabido, que sería venerado durante los siglos siguientes. Calipo de Cízico (aprox. 370-310 a.n.e.) había tratado de perfeccionar los modelos de Eudoxo añadiendo más esferas concéntricas (*homocéntricas*), y Aristóteles aumentó todavía más su número, dejándolo en 56.

No todos los pensadores aceptaron el sistema de esferas homocéntricas. Otro discípulo de Platón, Heráclides del Ponto (aprox. 388-310 a.n.e.), que ya afirmaba que la tierra rotaba sobre su eje cada 24 horas, sostenía que no todos los planetas giraban alrededor de la Tierra: Venus y Mercurio lo harían en torno al Sol. Esto explicaría el hecho observado de que estos planetas nunca se alejaban demasiado de la estrella.

Más conocido hoy en día es el caso de Aristarco de Samos (aprox. 330-230 a.n.e.), que situó al Sol en el centro del Universo. Sus ideas no parecen haber sido demasiado populares, y prueba de ello es que sus escritos sobre el particular no han llegado hasta nuestros días. El único pensador conocido que apoyó sus teorías fue Seleuco de Seleucia, un siglo después de la muerte del de Samos. Su teoría, que iba en contra de la física aristotélica y de las observaciones, fue criticada por Arquímedes y Ptolomeo (Di Trocchio, F., 1999, p. 251-255).

La otra de las grandes teorías geocéntricas sobre el movimiento planetario se basaba en la *teoría de los epiciclos y las excéntricas*, que había sido estudiada matemáticamente por Apolonio de Pérgamo (aprox. 262-190 a.n.e.). Esta teoría, al igual que la de Eudoxo, se basaba en combinaciones de esferas para explicar la cinemática celeste, pero a diferencia de la propuesta del de Cnido *no todas las esferas tenían nuestro planeta como centro*. Algunas de ellas estaban centradas en un punto próximo a la Tierra, y otras tenían como centro el borde de otras esferas. Los astrónomos que sobresalieron por el empleo de la teoría matemática de Apolonio para dar cuenta de los movimientos celestes fueron Hiparco de Nicea (aprox. 194-120 a.n.e.) y Ptolomeo de

Aleandría (aprox. 85-165). Los modelos propuestos por este último autor predecían con una precisión mucho mayor las posiciones de los planetas que la conseguida con la teoría de las esferas homocéntricas. Ptolomeo recogió sus ideas<sup>3</sup> en uno de los libros más importantes de la Historia de la Ciencia, conocido hoy en día por la latinización del nombre que le daban los árabes, el *Almagesto*.

Vemos, pues, que en la Grecia clásica se consideraron muchas posibilidades, no sólo el heliocentrismo de Aristarco y el geocentrismo de Ptolomeo, y que además este último ni siquiera es una versión pura de esta teoría (la Tierra no es el centro de todas las esferas). Recordemos también que el sistema ptolemaico no fue la única alternativa que sobrevivió durante las épocas subsiguientes, sino que tuvo como rival la teoría de las esferas homocéntricas de Eudoxo, la cual, a pesar de ser menos precisa a la hora de predecir las posiciones planetarias, tenía la virtud de ser estrictamente geocéntrica, además de que fue aceptada y ampliada por Aristóteles.

### **2.2.3. El vacío intelectual**

Como comentábamos anteriormente, suele afirmarse que no hubo más aportaciones importantes al conocimiento de la cinemática celeste hasta la llegada de Copérnico. Muy al contrario, tendríamos que hablar en este lugar principalmente de los hallazgos hindúes y árabes, aunque no queremos extendernos demasiado en este punto. Sin embargo, no podemos dejar de señalar por ejemplo que, en época tan temprana como el siglo V, el hindú Aryabhata (aprox. 476-550) defendía la rotación terrestre.

Tampoco en el mundo islámico se dedicaron exclusivamente, como suele sostenerse, a traducir los escritos griegos y a hacer observaciones. Ambas afirmaciones son ciertas, pero los árabes no se quedaron ahí. En el siglo X comenzaron a encontrar y criticar los errores del modelo de Ptolomeo, labor en la que destacó al-Haytham (aprox. 965-1039, conocido durante la Europa Medieval como *Alhazén*). Tras la devastadora crítica de este autor, los árabes siguieron dos caminos: unos, el más importante al-Bitruji (el *Alpetragio* medieval, muerto hacia 1024), intentaron con escaso éxito perfeccionar el modelo de las esferas homocéntricas; otros, en vez de desechar las teorías ptolemaicas, trataron de eliminar sus inconsistencias<sup>4</sup> y perfeccionar sus modelos, y algunos lo consiguieron (Saliba, G., 1996, p. 86-125). Entre ellos podemos citar como autores más importantes a al-Tusi (1201-1274), al-Urdi (muerto en 1266), al-Shirazi (muerto en 1311) y al-Shatir (1304-1375).

Debemos remarcar la importancia de los trabajos de los últimos autores comentados (Pérez Rodríguez, U., 2005, p. 43-77). Posiblemente sorprenda saber que es muy posible que Copérnico (1473-1543) los conociera, utilizara importantes teoremas matemáticos que ellos inventaron –sin citar a sus autores– y copiara varios de sus modelos (por ejemplo, el modelo propuesto por Copérnico para la Luna es idéntico al de al-Shatir, salvo por una pequeña diferencia de tamaño).

#### ***2.2.4. El renacimiento del heliocentrismo***

Copérnico no decía que el Sol ocupase el centro del Universo. Según el astrónomo polaco este lugar correspondía al centro de la órbita principal de la Tierra, posición cercana a la que se encontraría el Sol, siempre inmóvil (por ello es más correcto denominar a este sistema *heliostático*, en vez de heliocéntrico). Los planos de las órbitas de los otros planetas pasarían por este punto central de la órbita de la Tierra, y la Luna daría vueltas alrededor de nuestro planeta. Para Copérnico, como queda patente, la Tierra seguía jugando un papel crucial en los movimientos celestes.

Suele afirmarse que el sistema copernicano era infinitamente más simple que el de Ptolomeo, a la vez que se critican las excéntricas y epiciclos utilizados por éste. La realidad es que Copérnico utilizaba decenas de excéntricas y epiciclos auxiliares, y su propuesta distaba de ser mucho más simple que la del alejandrino. Por poner un ejemplo, para el astrónomo polaco la Luna no giraba sin más alrededor de la Tierra, sino que una primera esfera arrastraba a una segunda que a su vez llevaba a una tercera, que era la que portaba a nuestro satélite. Las excéntricas y los epiciclos eran absolutamente necesarios para que la teoría concordase con la observación. Como hoy sabemos, las órbitas no son circulares, sino elípticas con el Sol en uno de los focos, y no podrían hacerse buenas predicciones de los movimientos planetarios suponiendo que las órbitas eran meramente circulares con el Sol ocupando su centro.

El sistema de Copérnico sí era más elegante que el de Ptolomeo, pues estaba libre de inconsistencias entre principios físicos y matemáticos. Estas inconsistencias, sin embargo, habían sido eliminadas ya por los pensadores árabes de los siglos XIII y XIV, y hay bastantes evidencias que indican que el astrónomo polaco conocía estos trabajos (Teresi, D., 2004, p. 9-15). Un aspecto interesante de la teoría copernicana es que explicaba con naturalidad algunas observaciones que en la visión ptolemaica requerían de una explicación un tanto forzada o que constituían extrañas casualidades, aunque bien es cierto que esto no convertía en falsa la teoría del alejandrino.



También es habitual sostener que el sistema copernicano permitía predecir con una precisión mucho mayor que el de Ptolomeo los movimientos planetarios. Una vez más, esto no es cierto. La calidad predictiva de ambos modelos es bastante similar (Hoyle, F., 1976, p. 188), superando sólo en algunos aspectos la teoría copernicana a la ptolemaica.

### ***2.2.5. La realidad de los movimientos terrestres***

Como hemos señalado anteriormente, es frecuente ignorar los hechos que se ocultan tras la cortina de la dicotomía geocentrismo-heliocentrismo. Buen ejemplo de ello es el olvido de las teorías de Tycho Brahe (1546-1601).

Este astrónomo es habitualmente recordado por sus observaciones del firmamento –muy precisas y llevadas a cabo sin telescopio, que todavía no había sido inventado–, sobre las cuales trabajaría Kepler para llegar a sus conclusiones. Sin embargo, Brahe también elaboró una teoría sobre el movimiento planetario.

Según este astrónomo, la Tierra estaba inmóvil en el centro del Universo, y el Sol y la Luna giraban a su alrededor. A su vez, el resto de los planetas daba vueltas en torno a la estrella. La idea no era del todo original, pues recordaba a la de Heráclides del Ponto y fue asimismo considerada antes que por el danés por otros autores a mediados del siglo XVI. Sin embargo, fue Tycho quien estudió seriamente esta posibilidad, a partir de la cual se propusieron otras variantes. En una de ellas, por ejemplo, el sistema era similar al de Brahe, con la diferencia de que la Tierra giraba sobre sí misma cada 24 horas. Había otras posibilidades razonables además del heliocentrismo y el geocentrismo.

Cuando el sistema ptolemaico empezó a perder fuerza, el *tychónico* se convirtió en el favorito de quienes ansiaban mantener la Tierra en el centro del Universo sin renunciar a dar cuenta correctamente de lo que sucedía en los cielos (Rossi, P., 1999, p. 76-77). Para poner un ejemplo de su potencia, podemos señalar que Galileo Galilei (1564-1642) atacó las teorías de Ptolomeo, señalando entre otras cosas que su descubrimiento de las fases de Venus no tenía cabida en la teoría del alejandrino; sin embargo, este ciclo de fases sí era explicado correctamente mediante la teoría de Brahe. Galileo, que conocía este hecho, lo omitió en su crítica. No era tan sencillo derrotar al astrónomo danés.

¿En qué momento, entonces, se demostró la existencia del movimiento terrestre? El primer indicio a favor de la rotación lo proporcionó Jean Richer (1630-1696) en

1672, cuando observó que el periodo de oscilación de un péndulo era distinto en latitudes diferentes<sup>5</sup>. Sin embargo, para pruebas concluyentes de este movimiento, obtenidas mediante el uso del péndulo de Foucault, hubo que esperar a 1851. Por otra parte, fue también muy complicado demostrar la traslación terrestre. Las pruebas que convencieron a los geocentristas no llegaron hasta 1728 (descubrimiento de la aberración de la luz, fenómeno por el cual la posición de las estrellas aparece desplazada con respecto a la real) y 1838 (hallazgo de que la Tierra se mueve periódicamente con respecto a las estrellas).

Podemos afirmar, pues, que pasó bastante tiempo después de Galileo hasta que la Humanidad estuvo plenamente convencida de que la Tierra se movía. Parecía entonces que el heliocentrismo había resultado victorioso, pero aún nos queda una historia que contar.

### ***2.2.6. El Principio General de la Relatividad***

A principios del siglo XX las ideas de Einstein (1879-1955) revolucionaron el mundo, y una de ellas resulta de capital importancia en nuestro relato. Según su Principio General de la Relatividad, las leyes de la Física son las mismas para cualquier observador, no importando en qué lugar se halle éste. Cualquier sistema de referencia que utilicemos proporciona una descripción igualmente válida del Universo: no hay observadores privilegiados en él.

Puede resultar muy chocante, pero esto significa que *el geocentrismo tiene exactamente la misma validez que el heliocentrismo*. Visto desde la Tierra, el Sol da vueltas alrededor de nuestro planeta. Tomando como referencia el Sol, es la Tierra quien gira en torno a la estrella. Ninguna de las dos afirmaciones anteriores es más cierta que la otra, ya que describen los mismos movimientos relativos empleando las mismas leyes físicas. “Hoy en día no podemos decir que la teoría de Copérnico es «cierta» y que la de Ptolomeo es «falsa» en ningún sentido físico significativo” (Hoyle, F., 1976, p. 196).

Desde esta óptica, deberemos hilar muy fino cuando expliquemos que, por ejemplo, el movimiento de traslación terrestre está demostrado. El significado correcto que debemos atribuir a esta afirmación es que está probado que la Tierra presenta un movimiento *relativo* anual con respecto al Sol y las estrellas.

Podría discutirse si es adecuado o no el explicar estos detalles al alumnado de Primer curso de Educación Secundaria, pero no cabe duda de que habrá que cuidarse

mucho de ridiculizar a Ptolomeo en clase, dado que su teoría es esencialmente equivalente a la de Copérnico. En todo caso, habrá que realizar una adaptación de las teorías al nivel del alumnado sobre la base de modelos que cambian con el tiempo y con las nuevas posibilidades de observación e interpretación.

### ***2.2.7. La Ley de los Epónimos de Stigler***

Antes de pasar a analizar los libros de texto, hemos querido dedicar un pequeño apartado a un error muy común: atribuir la primacía de un descubrimiento o una propuesta a un determinado autor, sin que ésta esté del todo clara o, sencillamente, de forma errada.

Stephen Stigler es un profesor de Estadística de la Universidad de Chicago que ha formulado la siguiente Ley: ningún descubrimiento lleva el nombre de su autor original. Esta Ley constituye una curiosa prueba de su propia veracidad, pues no fue formulada originalmente por Stigler sino por Robert K. Merton, un sociólogo de la Ciencia (Teresi, D., 2004, p. 24).

Podríamos citar infinidad de ejemplos de esta Ley. Por ejemplo, es omnipresente la afirmación de que Galileo fue la primera persona que observó el cielo con un telescopio, y en muchos lugares se sostiene que fue el astrónomo italiano quien inventó ese instrumento. Ambas afirmaciones son falsas. No es fácil precisar quién creó el telescopio, pero es claro que no fue obra de Galileo, ya que cuando éste conoció su existencia en 1609 estos aparatos ya estaban a la venta en otros lugares. Por lo que respecta a la primacía de su uso astronómico, está documentado que en 1608 ya se había descubierto que el telescopio hacía visibles estrellas que no lo eran a simple vista. Además, Thomas Harriot (1560-1621) lo utilizó para comenzar a llevar a cabo estudios serios sobre el firmamento antes que el italiano.

Otro ejemplo de lo que venimos diciendo –que encontraremos muchas veces en los libros de texto– es que Ptolomeo fue el creador de la teoría geocéntrica, lo cual, como hemos visto, no es cierto. El alejandrino dio a esa teoría un grado de perfección que no tenía hasta su llegada, pero no fue invención suya.

## **3. LOS ERRORES DE LOS LIBROS DE TEXTO**

Una vez señalados los errores en los que se suele incurrir al presentar la evolución histórica del conocimiento de los movimientos celestes, tenemos la perspectiva necesaria para pasar a estudiar si los libros de texto que se utilizan en el Primer Curso

de Enseñanza Secundaria cometen algunos de estos fallos. En lo que sigue nos guiaremos nuevamente por una secuencia cronológica, similar a la que hemos utilizado en los apartados previos. Aunque lo correcto sería citar cada una de las inexactitudes de estos libros, no podemos hacerlo aquí por motivos de espacio, por lo que sólo seguiremos este proceder cuando lo consideremos necesario; en los demás casos nos limitaremos a indicar en qué página del libro de texto puede encontrarse el error al que se alude.

### **3.1. Los tiempos prehelénicos**

Algunos de los libros revisados comentan ciertos aspectos de la cosmología anterior a la griega, incurriendo en los errores que hemos comentado previamente. Concretamente, exponen sólo las teorías más especulativas, sin aclarar que hubo acercamientos más serios al estudio de los cielos.

Hemos hallado introducciones de este estilo en los libros de Santillana (p. 11) y Ecir (p. 27), así como en el de la Editorial Vicens Vives que explica en su página 4:

“Desde os tempos máis remotos, os seres humanos tentaron explicar dalgún xeito cómo é o universo. Algúns pobos moi antigos creron que o mundo era unha plataforma plana sustentada pola cuncha dunha tartaruga xigante, que se apoiaba ó mesmo tempo en infinitas tartarugas, unha debaixo doutra. Outros pensaron que a Terra estaba suxeita por catro enormes elefantes brancos coas trompas erguidas”.

Pocos libros tratan con un mínimo de profundidad la astronomía antigua. Es el caso del de McGraw-Hill, que proporciona algún dato sobre la astronomía egipcia (p. 44), y Anaya (p. 13), lo cual no impide a este último cometer varios errores en su breve exposición:

“Cando aparecen as primeiras grandes civilizacións, [...] comézase a dar un tratamento que hoxe estimaríamos a cabalo entre a razón e a fantasía. Seguindo o curso da historia hai que esperar ata a chegada do Renacemento (século XVI) para que se dea ó tema astronómico un tratamento racionalista, exento de fantasías”.

En realidad, ya desde los tiempos de la antigua Grecia se comenzó a prescindir de los mitos. A su vez, la historiografía de hoy en día no pondría la mano en el fuego por el total racionalismo de Copérnico (a quien indudablemente se refiere la cita del libro de texto), dado que éste, por ejemplo, en su obra más importante invoca la autoridad de Hermes Trismegisto, protector y guía de los hermetistas, para defender uno de sus argumentos (Copérnico, N., 2003, p. 40).

El libro de Anaya continúa enumerando algunas de las características de diversas astronomías antiguas, pero en el párrafo que dedica a Babilonia presenta como ciertos hechos que no están completamente comprobados:

“Deste modo [los babilonios] chegaron a descubrir o ciclo (chamado *Saros*) de 242 meses lunares (uns 18 anos) no que se repiten o mesmo número e clase de eclipses solares e lunares. Isto conferiulles un gran poder e prestixio ó ser capaces de “adiviñar” cándo ían ocorrer tan extraordinarios acontecementos”.

Para bastantes autores no existe evidencia firme que sustente la afirmación de que los babilonios conocieran esta periodicidad (North, J., 2001, p. 40).

### **3.2. El mundo helénico**

Los libros de Anaya (p. 13), Ecir (p. 27) y Rodeira (p. 42) hacen alguna mención a los conocimientos griegos sobre los movimientos celestes anteriores a Ptolomeo. Por otra parte, todos los libros dedican un apartado a las teorías geocéntrica y heliocéntrica. Algunos lo hacen de manera rematadamente errónea, como es el caso del texto de Vicens Vives (p. 13):

“A partir do século VI a.C., os gregos comezaron a supoñer que era o Sol e non a Terra o que ocupaba o centro, enunciando deste xeito a teoría heliocéntrica. Así e todo, a teoría xeocéntrica non foi abandonada. Foi proposta novamente por Ptolomeo no ano 150 da nosa era”.

Pero, hasta donde sabemos, en Grecia la teoría heliocéntrica tuvo que esperar al siglo III a.n.e. para ver la luz, y además no sustituyó a la teoría geocéntrica, que no fue propuesta sino perfeccionada por Ptolomeo. Los libros de McGraw-Hill (p. 27) y Rodeira (p. 42) también sostienen que Ptolomeo fue el creador de esta teoría. El libro de Oxford afirma, asimismo de manera equivocada, que ésta fue establecida por Aristóteles (p. 78).

Estos textos suelen ser muy injustos con Ptolomeo y muy generosos con Copérnico. Como hemos comentado anteriormente, ambos autores utilizaron esferas auxiliares (*epiciclos*) para dar cuenta de los movimientos celestes. Sin embargo, en los libros de texto nos encontramos con dos posibilidades, de las cuales sólo la primera es justificable: algunos no mencionan la existencia de los epiciclos, y otros sostienen que fueron utilizados por Ptolomeo y eliminados por Copérnico. La primera vía es la elegida por los libros de Rodeira (p. 42-43), Vicens Vives (p. 13), McGraw-Hill (p. 44-45), Santillana (p. 11), Edelvives (p. 38) y Oxford (p. 79), y la segunda por los de Anaya (p. 14-15), Ecir (p. 27-28) y Casals (p. 78).

Debemos subrayar este punto: sostener que Ptolomeo utilizaba los epiciclos y que Copérnico los eliminó es una afirmación gratuita (véanse por ejemplo ininidad de utilizations de estas construcciones en el Libro Quinto de *Sobre las Revoluciones de los Orbes Celestes*, Copérnico, N., 2003, p. 249-327). Los epiciclos suelen verse como malabarismos a los que Ptolomeo se vio obligado a recurrir para que se sostuviera su castillo geocéntrico. Eso es correcto, pero no es menos cierto que, dado que Copérnico no renunció a ellos, podríamos igualmente sostener que este astrónomo los necesitó para que no se derrumbase su edificio heliocéntrico. Afirmaciones como las que hace el libro de Casals (p.78) deberían ser revisadas:

“Copérnico se dio cuenta de que si se suponía que era la Tierra la que giraba alrededor del Sol, todas sus observaciones astronómicas se explicaban mejor y sin necesidad del complejo sistema de Ptolomeo”.

Más adelante este mismo libro dice que los planetas seguirían “órbitas circulares perfectas”, ignorando las decenas de epiciclos de Copérnico.

Otro ejemplo de lo que venimos diciendo consiste en sostener que el sistema copernicano era más preciso o simple que el ptolemaico (lo cual constituye una afirmación más que matizable), como explican los libros de Rodeira (p. 43), Anaya (p. 15) y Casals (p. 78).

En el libro de Santillana (p. 43) se propone un ejercicio que no ayuda a comprender las diferencias y similitudes entre los sistemas ptolemaico y copernicano. Se pide al alumnado que lleve a cabo una comparación entre dos textos de ambos astrónomos. El de Ptolomeo versa sobre la posición central de la Tierra en el Universo, y el de Copérnico sobre la esfericidad de nuestro planeta. ¿Qué sentido tiene esta comparación, si ambos autores sostenían que la Tierra era esférica? La conclusión que el alumnado puede sacar si no lee con atención los textos es que Ptolomeo, además de estar equivocado sobre la posición de la Tierra en el Universo, afirmaba que la Tierra era plana. Muy al contrario, en la Grecia Clásica no había dudas de que la Tierra era una esfera, y el mismo Ptolomeo dedica un apartado del Primer Libro del *Almagesto* (Ptolomeo, C., 1998, p. 40-41) a dar los argumentos que justifican esta conclusión (argumentos que, por otra parte, son análogos a los de Copérnico). También en el texto ptolemaico propuesto para comentario se cita de pasada esta afirmación, pero como hemos señalado ésta puede pasar desapercibida si no se lleva a cabo una lectura atenta.

### **3.3. El vacío intelectual**

Como hemos comentado, suele afirmarse que existe un vacío intelectual de catorce siglos entre Ptolomeo y Copérnico, y ya hemos proporcionado una pequeña muestra de la evidencia que rebate esta idea. Sin embargo, ninguno de los libros de texto hace referencia a los descubrimientos realizados, por ejemplo, por la astronomía árabe, ayudando así a que se perpetúe la equívoca idea del vacío intelectual.

Haciendo un pequeño inciso en nuestra exposición, hay que comentar que este supuesto vacío no habría existido sólo en Astronomía, sino que la postura tradicional defiende que se extendió a todos los campos del saber. Esta interpretación carece del más mínimo rigor histórico-científico. Ciñéndonos sólo al mundo islámico, allí se produjeron innumerables avances en campos como las Matemáticas, la Óptica y la Medicina. Además, es interesante señalar que los autores cristianos de la Baja Edad Media y el Renacimiento se aprovecharon de estos saberes sin dar reconocimiento a sus verdaderos autores, de la misma manera que tal vez hizo Copérnico. Sería aconsejable que se revisaran los apartados sobre Astronomía de los libros de texto y que en los lugares en los que resulte relevante se incluyan menciones a los descubrimientos de esta época.

### **3.4. El heliocentrismo**

Hallamos multitud de errores en el tratamiento que se da a las teorías de Copérnico. Ya hemos comentado que ni uno solo de los libros de texto consultados hace la menor mención a los epiciclos copernicanos, así como que en muchos lugares se da a entender que la teoría del polaco supera por mucho a la de Ptolomeo en precisión y sencillez.

Para no incidir en lo mismo, nos centraremos en otros aspectos. Queremos comenzar por un tema importante: ¿quién demostró la pretendida supremacía del heliocentrismo? Como hemos explicado, las pruebas definitivas de los movimientos de rotación y traslación *no* llegaron de la mano de Copérnico, Kepler, Galileo ni Newton, sino que hubo que esperar a astrónomos posteriores. Veamos qué dicen al respecto los libros de texto.

El libro de Edelvives (p. 38) sostiene que “Copérnico demostrou que a Terra describía dous movementos fundamentais [rotación y traslación]”. Luego explica que “en 1632 Galileo corroborou as ideas de Copérnico”. Además de estas afirmaciones, el texto destaca que la teoría heliocéntrica “foi declarada herexía en 1543 pola Igrexa de

Roma”. Sin embargo, los escritos de Copérnico no serían incluidos en el Índice de Libros Prohibidos hasta 1616.

Según el libro de Anaya (p. 15), cuando Galileo observó los satélites de Júpiter, “pudo comprobar que ningún de estos astros describía o extraño movimiento de epiciclos que ideara Ptolomeo”. Muy al contrario, este movimiento admitía perfectamente una descripción en términos de epiciclos (y no olvidemos que Copérnico, cuyas teorías apoyaba Galileo, en absoluto se oponía al uso de éstos). Recordemos que la diferencia realmente significativa entre la teoría heliocéntrica y la geocéntrica se halla en el sistema de referencia que emplea. En realidad, en su momento la observación de los satélites de Júpiter se consideró que reforzaba la teoría heliocéntrica por un aspecto secundario: lo que demostraba era que la Tierra no era el centro de todos los movimientos celestes. Algo más adelante este mismo libro dice:

“Se o modelo de Copérnico fosse correcto, Venus debería verse con «fases» como a Lúa, o que non debía ocorrer segundo o antigo modelo de Ptolomeo. Galileo pudo comprobar co seu telescopio que, en efecto, Venus ten «fases» como a Lúa”.

Lo que sostiene la anterior cita es cierto; si el modelo de Copérnico fuese correcto entonces Venus debería presentar un ciclo completo de fases. Sin embargo, constituiría una falacia de afirmación del consecuente concluir aquí que el avistamiento de estas fases daba la razón a Copérnico: éstas podrían tener también cabida en otros modelos distintos, como de hecho sucedía. Así, el modelo ptolemaico de Venus efectivamente no permitía explicar las fases de este planeta, pero es sencillo modificarlo para construir un modelo geocéntrico que sí las prediga. Además, el sistema ya descrito de Tycho Brahe también daba perfecta cuenta de ellas, por lo que quienes defendían el geocentrismo no se vieron en la obligación de renunciar a su teoría por estas observaciones.

Otro ejemplo de lo que venimos diciendo aparece en el libro de la Editorial Casals (p. 78), cuando comenta que Galileo con su telescopio “pudo hacer observaciones muy precisas que sólo podían explicarse mediante el modelo de Copérnico”, lo cual incurre nuevamente en error. Otros libros, como el de Ecir (p. 28) o el de Oxford (p. 70), no caen en este tipo de inexactitudes.

Un error muy frecuente, como ya hemos adelantado, es considerar que Galileo inventó el telescopio, o al menos que fue la primera persona que lo utilizó para explorar el cielo (Bernal, J.D., 1989). Así sucede en los libros de Oxford (p. 80), Rodeira (p. 36), Casals (p. 78), McGraw-Hill (p. 45) y Edelvives (p. 30).



Para terminar, ningún libro recoge la idea de que los sistemas geocéntrico y heliocéntrico describen los mismos movimientos relativos.

#### 4. CONCLUSIONES

Aunque no es éste el lugar para realizar un análisis en profundidad sobre el tratamiento de la Historia de la Ciencia en los libros de texto como hemos hecho en otras ocasiones (Álvarez Lires, M. y otros, 2005), no podemos dejar de señalar que la visión positivista de la Ciencia como avance imparable hacia la VERDAD con mayúsculas frente al error de las teorías anteriores o la consideración de la ciencia occidental como única Ciencia existente, entre otras consideraciones, constituyen problemas que afectan tanto a la propia Historia de la Ciencia como a la enseñanza de la misma, pues transmiten una visión lineal y simplista que poco tiene que ver con la realidad de la construcción y reconstrucción histórica del conocimiento científico, y tampoco contribuyen a una educación científica crítica. Hemos de insistir, también, en la ausencia y falta de reconocimiento de las aportaciones de las mujeres a la Ciencia y a la Técnica; sabemos, por ceñirnos al caso que nos ocupa, que hubo muchas astrónomas, que las escuelas griegas contaron con mujeres importantes (Álvarez Lires, M. y otras, 2003) pero es necesaria una revisión en profundidad de todas y cada una de las disciplinas científicas desde una perspectiva de género y todavía se necesita mucha investigación para rescatar del olvido a las pensadoras de todos los tiempos.

En el caso de la Astronomía, los libros de texto cometen múltiples errores, y no sólo de enfoque historiográfico, al describir la evolución sobre el conocimiento de los movimientos celestes. Los fallos más frecuentes consisten en despreciar las astronomías anteriores a la griega, explicar *el* sistema geocéntrico con desdén –cuando sabemos que es equivalente al heliocéntrico y que hubo diversas variantes del mismo–, tachar de abstrusos e innecesarios los epiciclos ptolemaicos, obviar los descubrimientos realizados en la Edad Media, describir el sistema copernicano sin epiciclos tras haberlos incluido en la descripción ptolemaica, suponer que el sistema copernicano es mucho más preciso y simple que el del alejandrino, afirmar que las teorías del polaco fueron confirmadas definitivamente por Galileo u otros autores que no lo lograron y atribuir teorías e invenciones a personas que no fueron sus creadoras (en este error se incurre, sobre todo, al informar sobre la autoría del sistema geocéntrico y al comentar la invención y primer uso del telescopio).

Estos enfoques y errores son tradicionales, pero las modernas corrientes historiográficas han adoptado otros modelos de interpretación de mayor complejidad y más acordes con la realidad que, sin embargo, continúan ausentes de la mayor parte de los libros de texto. No es suficiente argumentar, como se hace en ocasiones, que es necesario simplificar las explicaciones destinadas a niveles educativos obligatorios; la simplificación de modelos a efectos didácticos puede y debe hacerse –por ello hablamos de *ciencia escolar*, para distinguirla de la propia de las comunidades científicas–, pero no es admisible incurrir en errores conceptuales o historiográficos. Por nuestra parte, esperamos poder elaborar materiales curriculares basándonos en nuevos enfoques de la Historia y la Didáctica de las Ciencias que contribuyan a la formación de una ciudadanía crítica, una de las misiones encomendadas al profesorado en las leyes educativas actuales.

## NOTAS

<sup>1</sup> Hemos de expresar nuestro agradecimiento por su colaboración al Departamento de Ciencias Naturales del IES Álvaro Cunqueiro de Vigo y en particular a Virxinia Barros, catedrática del mismo, así como a la profesora Beatriz Fernández, profesora de Audición y Lenguaje de la Concejalía de Asuntos Sociales del Ayuntamiento de O Porriño, que han puesto a nuestra disposición los libros de texto que hemos consultado para el presente estudio.

<sup>2</sup> Para una excelente descripción de los logros de la astronomía babilónica véase Neugebauer, O., 1969, p. 97-144.

<sup>3</sup> Una descripción asequible de la teoría ptolemaica puede ser consultada en Fernández Castro, T., 1997, 67-77.

<sup>4</sup> La teoría ptolemaica encerraba diversas inconsistencias entre sus principios físicos y matemáticos, de las cuales la más importante y conocida era la relativa al punto *ecuante*. Este punto era una ideación genial del alejandrino, pues visto en retrospectiva mediante su uso se simulan bastante bien los resultados que predice la Segunda Ley de Kepler (poniendo el Sol en uno de los focos de la órbita de un planeta, el vector que une éste con la estrella barre áreas iguales en tiempos iguales). La idea fundamental consiste en que el movimiento de la esfera que transporta a un astro no sería uniforme visto desde el centro de la esfera, sino desde un punto alejado de éste, el mencionado *ecuante*. Sin embargo, con los postulados de Ptolomeo, no era posible su existencia física, ya que ello supondría asumir que una esfera podría girar con velocidad uniforme en torno a un eje que no pasase por su centro, lo cual es imposible.

<sup>5</sup> Lo que probaba la medición de Richer era que la Tierra no era del todo esférica, sino que estaba achatada por los polos. Esto era lo que predecía la teoría newtoniana para un planeta en rotación, pero ello no implicaba que la Tierra no pudiera tener esa forma por otros motivos.

## BIBLIOGRAFÍA

ÁLVAREZ LIRES, M., (1999): “L’histoire des sciences et des techniques dans la formation du professorat”, en DEBRU, C. (ed.): *History of Science and Technology in Education and Training in Europe*, Luxemburg, Office for Official Publications of the European Communities.

ÁLVAREZ LIRES, M. y otras (2003): *Las científicas y su historia en el aula*. Madrid, Síntesis.

ÁLVAREZ LIRES, M y otros (2005): “Presentation of the History of Chemistry in Text Books: A Flagrant Lack”, en SALDAÑA, J.J.: *Science and Cultural Diversity*, México, UNAM y SMHCT.

BERNAL, J. D. (1989): *Historia Social de la Ciencia*. Barcelona, Península (sexta edición).

COPÉRNICO, N. (2003): “Sobre las Revoluciones de los Orbes Celestes”, en HAWKING, S. (ed.): *A Hombros de Gigantes*, Barcelona, Crítica.

DI TROCCHIO, F. (1999): *El genio incomprendido*. Madrid, Alianza.

FERNÁNDEZ CASTRO, T. (1997): *Historias del Universo*. Madrid, Espasa Calpe.

HOYLE, F. (1976): *Nicolás Copérnico. Un ensayo sobre su vida y su obra*. Madrid, Alianza Editorial.

IZQUIERDO, M. (1997): “¿Qué sabemos actualmente sobre la construcción del conocimiento?”, en ÁLVAREZ LIRES, M.A. y MARIÑO, M. P. (coords.): *O Ensino da Química*, Vigo, Universidade de Vigo, 1997.

NEUGEBAUER, O. (1969): *The exact sciences in the antiquity*. New York, Dover.

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.

PTOLOMEO, C. (1998): “Almagest”, en TOOMER, G. J. (ed.): *Ptolemy’s Almagest*, New Jersey, Princeton University Press.

ROSSI, P. (1999): *El nacimiento de la ciencia moderna en Europa*. Barcelona, Crítica.

SALIBA, G. (1996): “Arabic planetary theories”, en RASHED, R. (ed.): *Encyclopedia of the History of Arabic Science*, London, Routledge.

TERESI, D. (2004): *Los grandes descubrimientos perdidos*. Barcelona, Crítica.

VVAA (1998): *History of Science and Technology in Education and Training in Europe. Final Document*. Strasbourg, Louis Pasteur University.

VVAA (1998): *The Role of History of Science in University Education. Draft Report of the ALLEA (All European Academies) Working Group*. Strasbourg, Louis Pasteur University.

## **LIBROS DE TEXTO CONSULTADOS**

BALIBREA, S. y otros (2002): *Ciencias da Natureza*. Madrid, Anaya.

BARRIO GÓMEZ DE AGÜERO, J. y otros (2002): *Ciencias da Natureza*. Madrid, Oxford University Press España.

CALVO ALDEA, D. y otros (2002): *Ciencias da Natureza*. Madrid, McGraw-Hill.

CEREZO GALLEGO, X. M. (dir.) (2003): *Supernova. Ciencias da Natureza*. Santiago de Compostela, Santillana.

DOMÈNECH, M. y otros (2002): *Atmos. Ciencias de la Naturaleza*. Barcelona, Casals.

FERNÁNDEZ ESTEBAN, M. A. y otros (2002): *Ámbito. Ciencias da Natureza*. A Coruña, Vicens Vives.

GARCÍA, M. y otros (2002): *Ciencias da Natureza*. Valencia, Ecir.

GARRIDO GONZÁLEZ, A. (dir.) (2002): *Ciencias da Natureza*. A Coruña, Rodeira-Grupo Edebé.

LÓPEZ FENOY, V. y otros (2002): *Ciencias da Natureza*. Madrid, Edelvives.