

El significado de la eclíptica. El uso de un simulador para su enseñanza

Luís Osuna García

I.E.S. “Luis García Berlanga”, San Juan (Alicante)

El objeto de esta comunicación es mostrar que el concepto de la eclíptica es una herramienta útil y sencilla para la descripción del movimiento del Sol, desde el punto de vista de un observador terrestre y, por tanto, apropiado para la enseñanza en la ESO de los tópicos astronómicos con ella asociados. La utilización de un sencillo simulador del movimiento diario de los astros, sobre el plano del horizonte, favorecerá la comprensión del concepto.

Introducción

La invención del concepto de la eclíptica se enmarca históricamente en el contexto de la cosmología antigua y el modelo geocéntrico del universo, es decir, en un modelo capaz de describir las trayectorias observables de los astros desde el punto de vista de un observador terrestre.

Si la teoría de Copérnico supuso una explicación más sencilla para la descripción de las peculiaridades del movimiento de los planetas, su mérito se basó, sobre todo, en las consecuencias de las soluciones a los problemas que la misma teoría planteaba. Piénsese, por ejemplo, en los inconvenientes que la Física aristotélica planteaba a la caída de los cuerpos en el supuesto de una Tierra en movimiento, y en la descripción realizada por Galileo para su superación. De igual forma, la invención de una fuerza de atracción a distancia entre las masas para explicar las órbitas de los planetas, supuso la superación de la fricción entre las esferas, desde una esfera celeste arrastrada por un *primum mobile*, etc. Las respuestas a estas cuestiones hizo posible que emergiera una nueva cosmología, el mecanicismo.

A pesar de ello, la teoría heliocéntrica no alcanza la facilidad de descripción de los movimientos de los astros para explicar los fenómenos astronómicos familiares desde el punto de vista de un observador terrestre. La utilidad del modelo geocéntrico sigue siendo importante en la actualidad, sin necesidad de creer en todos y cada uno de los postulados de la cosmología antigua (Kuhn, 1978). Es decir, sin necesidad de creer en la existencia de una esfera celeste, originaria del movimiento de todos los astros, ni en el círculo como trayectoria perfecta para el movimiento de éstos, ni en leyes diferenciadas para los movimientos celeste y terrestres, etc. Por ejemplo, en marinería, para determinar el rumbo de las naves en el mar, se sigue estudiando la posición y el movimiento de los astros desde esa supuesta esfera celeste que la cosmología antigua propugnaba. Sólo hoy, con la ayuda del sistema de navegación por satélite GPS (Global Positioning System), se ha podido relegar al sextante y prescindir de estos conocimientos astronómicos.

La utilización, en los cursos de iniciación a las ciencias, de unos conceptos procedentes de una teoría ya superada por la ciencia actual, es una constante en el

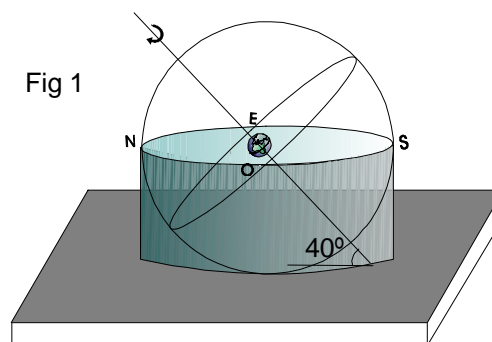
campo de la didáctica, ya que con ellos se está en disposición de producir unas primeras explicaciones de los fenómenos investigados y de plantear nuevos problemas para futuras profundizaciones. Existen claros ejemplos de ello: el modelo de estructura de la materia, que supone a los gases formados por diminutas esferas macizas en movimiento, permite explicar el comportamiento familiar de los gases (Martínez Torregrosa et al., 1997; Nussbaum, 1989,...); la “eidola”, originaria de la teoría de Alhacen (siglo X), es reivindicada por algunos autores para explicar la formación de imágenes; el mecanismo de la visión y la interacción del objeto con la luz, en los primeros cursos de ciencias (Selley, 1996), etc. Llama la atención, sin embargo, el escaso uso que hacen los libros de texto españoles de enseñanza primaria y de secundaria, anteriores y posteriores a la implantación de la LOGSE, del uso de los conceptos derivados del modelo geocéntrico para explicar los fenómenos astronómicos familiares. En todos los casos, se ofrecen esquemas con la Tierra girando alrededor de sí misma y en órbita alrededor del Sol sin hacer relación a las consecuencias observacionales que ese esquema conlleva y, ni mucho menos, a los problemas que plantea y que habría que superar para asumirlo (García Barrios et al., 1996).

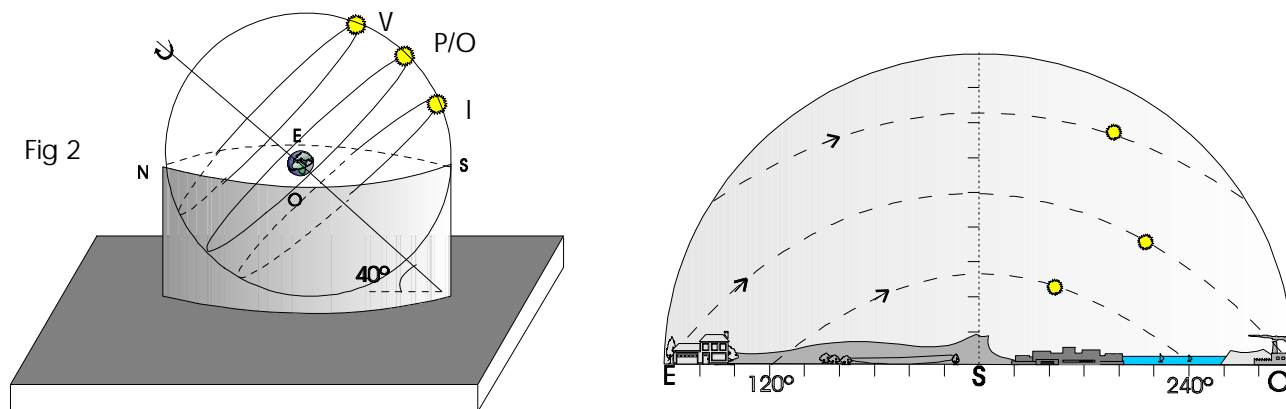
La potencia explicativa de la eclíptica contrasta con su casi nulo uso ante los fenómenos astronómicos familiares con ella relacionados. A una muestra de 47 profesores (39 licenciados en ciencias y 8 maestros) que asistía a cursos de formación sobre la enseñanza de la astronomía en la ESO, los años 1997 y 98, en diferentes centros de formación de profesores de la provincia de Alicante, se les encargó que dibujaran esquemas, acompañados de los comentarios que se consideraran oportunos, a fin de explicar, lo más fácilmente posible, los fenómenos astronómicos familiares: cambios astronómicos de ciclo anual, fases lunares, eclipses... Los resultados muestran claramente que los profesores no utilizan el concepto de la eclíptica para sus explicaciones, y dibujan esquemas centrados en el Sol o en la Tierra según el fenómeno que se considere, incluso en algunos casos, modelos mixtos. Sólo en un caso aparece la palabra eclíptica pero con un significado erróneo.

A partir de aquí parece clara la causa por la que el concepto de la eclíptica no es usado habitualmente en la enseñanza habitual, a pesar de ser, como se mostrará enseguida, un concepto que describe de forma sencilla, entre otros fenómenos, las diferentes trayectorias diarias del Sol a lo largo del ciclo anual de las estaciones.

El simulador de las trayectorias diarias

La enseñanza de la eclíptica puede resultar sencilla a partir del uso de un simulador del movimiento diario de los astros alrededor del plano del horizonte (McDermott, 1996). El simulador consiste en una esfera transparente atravesada por un eje que permite introducirlo en un soporte horizontal con diferentes inclinaciones y una cartulina que la abraza para limitar la parte de esfera visible en cada momento, desde cada plano del horizonte. El esquema de montaje es el de la figura 1.

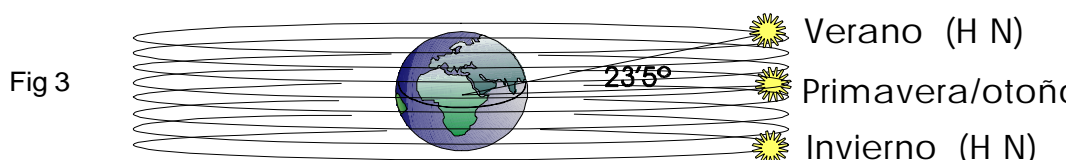




Si marcamos la posición de un astro, por ejemplo el Sol, en la esfera transparente, y giramos ésta, obtendremos la trayectoria del astro sobre el plano del horizonte. Dado que el eje de giro de la esfera se puede insertar sobre la plataforma horizontal con diferentes inclinaciones, es posible, con él, imitar las trayectorias diarias de los astros en distintas latitudes. Es preciso recordar, para ello, que ese ángulo de inclinación corresponde a la elevación de la Polar sobre el plano del horizonte y, por tanto, también es igual a la latitud del lugar.

Conocidos los datos de la culminación del Sol en las efemérides estacionales, para un plano de latitud 40° , se pueden simular las trayectorias en los distintos momentos del año, visualizar su variabilidad y obtener los acimuts de la posición orto y de la posición ocaso (figura 2):

Del estudio de estas trayectorias observadas sobre el plano del horizonte, se desprende la complejidad de la trayectoria solar a lo largo del año. Dada la oscilación de la trayectoria diaria, $23^\circ 5'$ a un lado y a otro del ecuador de la esfera, un esquema de esta trayectoria anual podría representarse como una hélice cuyas espiras corresponderían a las trayectorias diarias (figura 3).

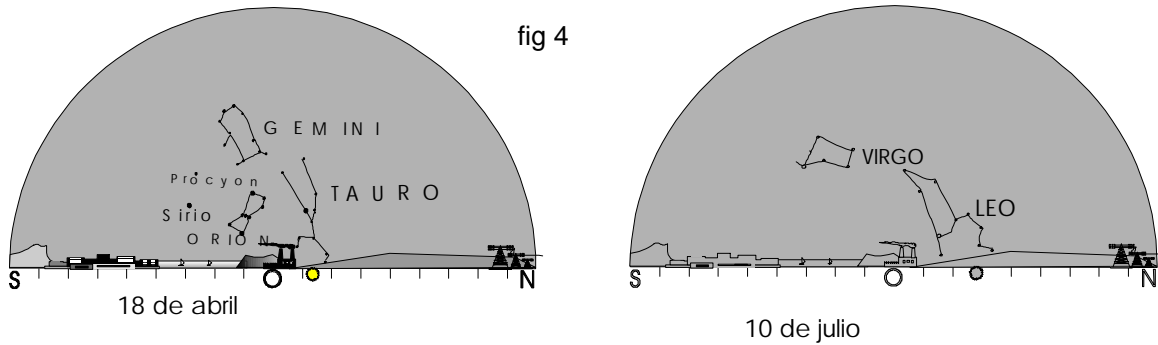


La complejidad que hemos mencionado es la que obliga a describir la trayectoria solar anual utilizando otro sistema de referencia (Osuna et al, 1998).

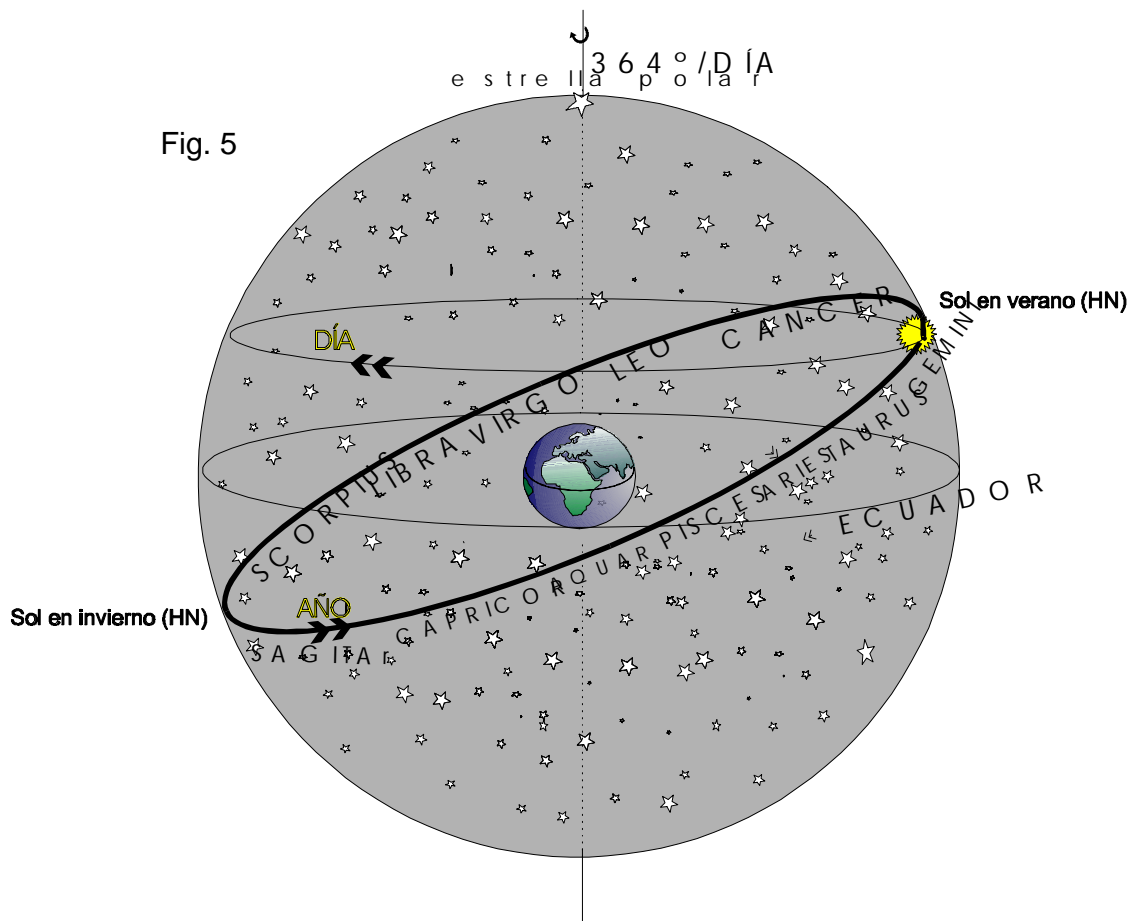
El significado de la eclíptica

Los antiguos astrónomos ubicaron a las estrellas en una esfera que gira alrededor de un eje que pasa por los polos terrestres y por la estrella Polar. Al estar, las estrellas, fijas en la esfera celeste, se mantienen sus posiciones relativas y esto permite agruparlas en las formas más o menos ingeniosas que representan las constelaciones. Los cambios cíclicos anuales, no sólo se refieren a los cambios de trayectoria solar sino que el aspecto que ofrece el cielo nocturno es diferente según la época del año. Una observación cuidadosa haría notar que el ritmo de giro de la esfera celeste es más rápido que el giro diario del Sol ($360^\circ/\text{día}$), y dado que el aspecto del cielo nocturno se repite al cabo del año, podemos inferir un ritmo de giro de $361^\circ/\text{día}$.

Esto conlleva a que mientras el Sol varía muy rápidamente respecto de la Tierra, lo hace a un ritmo mucho menor respecto de la esfera celeste. Si el Sol da unas 360 vueltas al año alrededor de la Tierra y ésta da 361, la proyección del Sol sobre la esfera celeste describiría un círculo al cabo del año. El Sol se movería, respecto de la Tierra, 1° por ese círculo, cada día en dirección este, es decir, en sentido contrario al movimiento diario de los astros. La cosmología antigua describía el movimiento del Sol suponiéndole animado de dos movimientos, uno diario de este a oeste y otro retrógrado, de 1° diario hacia el este, cuya proyección sobre la esfera celeste es ese círculo denominado eclíptica.

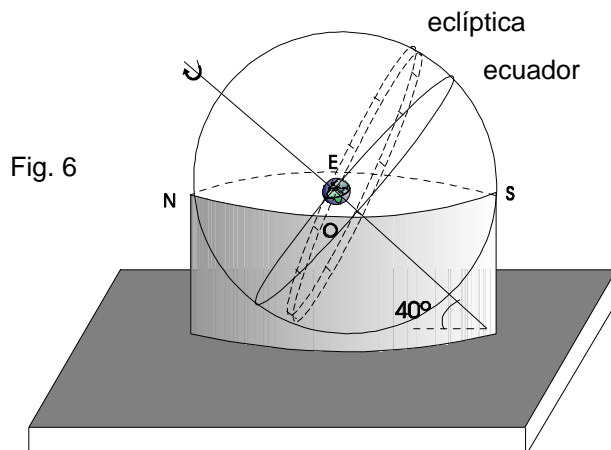


Para conocer con precisión el círculo de la eclíptica es necesario observar las estrellas con las que se encuentra la proyección de la posición del Sol sobre la esfera celeste. Es aquí cuando el conocimiento de las constelaciones ayuda sobremanera a conocer la eclíptica. Los astrónomos antiguos anotaron las primeras estrellas visibles



después de la puesta del Sol y por el lugar de su ocaso, y las últimas estrellas visibles al amanecer y por el lugar de la salida del astro. Serían necesarias sucesivas observaciones, como las que se muestran en la figura 4, para conocer la banda de las constelaciones del zodiaco.

Observaciones aún más precisas, permiten describir la eclíptica como un círculo inclinado $23'5^{\circ}$ respecto del ecuador celeste, que pasa entre las conocidas constelaciones del zodiaco. La figura 5 muestra los dos movimientos que, según la cosmología antigua, tiene el Sol para explicar los cambios de trayectoria diaria sobre el plano del horizonte.



Dibujando ahora, sobre la esfera del simulador, la banda de las constelaciones del zodiaco que contiene el círculo de la eclíptica y situando el Sol en cualquiera de ellas según la época de año, podremos simular la trayectorias diarias sobre el plano del horizonte, en todo momento. Un esquema del simulador en esta utilización, sería el que se representa en la figura 6.

Las trayectorias obtenidas de esta forma coinciden estrictamente con las observadas y que hemos descrito al principio.

Por otro lado, el círculo de la eclíptica permite una descripción más sencilla del movimiento del Sol que la hélice que se obtendría de su seguimiento diario alrededor de la Tierra.

Por último, la comprensión del concepto de la eclíptica hará posible la comprensión de otros fenómenos astronómicos con ella asociados y que se han mostrado didácticamente problemáticos como son: el seguimiento preciso de las posiciones lunares, los eclipses, el seguimiento de los movimientos planetarios, etc.

Bibliografía

GARCÍA, S., MARTÍNEZ, C., MONDELO, M., Y VEGA P. (1997). La astronomía en textos escolares de educación primaria. *Enseñanza de las Ciencias*, 15 (2), pp. 225-232.

KUHN, T.S. (1978). La revolución copernicana. Ed. Ariel. Barcelona.

MARTÍNEZ TORREGROSA, J., ALONSO, M., CARBONELL, F., CARRASCOSA, J., DOMENECH, J.L., DOMENECH, A., DOMÍNGUEZ, A.,

OSUNA, L., VERDÚ, R. (1997). *La estructura de todas las cosas*. Ed. Aguaclara. Alicante.

MC DERMOTT (1996). *Physics by Inquiry*. Ed. John Wiley & Sons, Inc.

NUSSBAUM (1989). La constitución de la materia como conjunto de partículas en la fase gaseosa. Cap VII de *Ideas científicas en la infancia y la adolescencia*. Ed. Morata.

OSUNA L., TRIVES M., MOLINA, J., DE LA ROSA, C., SOGORB, A. (1998). *Astronomía*. Ed. Aguaclara (en prensa).

SELLEY, N.J. (1996). Children's ideas on light and vision. *Int. J. Sci. Educ.* 18 (6).