



Astrofotografía

EL PROBLEMA DEL MOVIMIENTO SIDÉREO

(1ª PARTE)

Por Ángel Requena* y Francisco Pavía
Coordinador de la sección de Astrofotografía*
arequenavillar@yahoo.es pacopavia@terra.es

El problema del movimiento sidéreo o diurno es con mucho uno de los mayores quebraderos de cabeza con los que os vais a encontrar en vuestra práctica astrofotográfica. Tanto como si hacéis fotos de gran campo como si usáis algún instrumento óptico, en algún momento necesitaréis dar una exposición relativamente larga para capturar la luz de objetos difusos y lejanos y eso conllevará a que al capturarlos os salgan movidos. La solución al problema pasa por dotar de seguimiento sidéreo a vuestro equipo fotográfico, contrarrestando así el indeseado movimiento sidéreo.

El movimiento sidéreo

Si contemplamos el cielo nocturno durante algunas horas una de las observaciones más obvias que podemos hacer es que las posiciones de los astros varían. Todos aparecen por el horizonte Este (orto), se elevan alcanzando una altura máxima y a partir de ese momento comienzan a descender hasta que desaparecen por el horizonte Oeste (ocaso).

Aparentemente, parece como si la bóveda celeste al completo girase en torno a un punto próximo a la estrella Polar (polo celeste) y en sentido retrógrado (de Este a Oeste). Pero nada más lejos de la realidad, lo que realmente ocurre es que la Tierra gira alrededor de su eje de rotación y en sentido contrario (directo) produciéndonos la falsa percepción de que es la esfera celeste la que se



Fig. 1: MOVIMIENTO SIDÉREO

mueve. Dicho movimiento aparente, conocido como movimiento sidéreo o diurno, es pues el responsable de que los astros se muevan en círculos paralelos al ecuador celeste y en torno al eje polar.

No obstante, no es del todo cierta la afirmación de que el desplazamiento de las estrellas se produce exactamente de Este a Oeste. Al girar toda la bóveda alrededor del polo celeste, los objetos situados más hacia el Sur

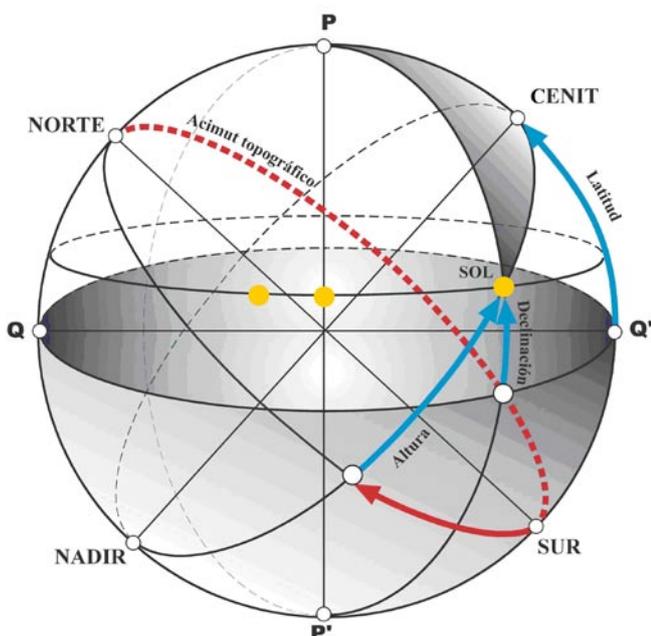


FIG. 2: MOVIMIENTO diurno del Sol

salen por los alrededores del horizonte oriental, cruzan el firmamento y se ponen por algún lugar próximo al Oeste, pero no justo por el Oeste. Por otro lado, los objetos celestes más septentrionales no salen ni se ponen por el horizonte sino que por el contrario dan una revolución completa cada 24 horas en torno al polo sin ocultarse por el horizonte. Por ese motivo a estos objetos se les conoce con el nombre de estrellas circumpolares.

En la práctica el estudio del movimiento diurno provoca una serie de observaciones curiosas según la latitud en la que nos encontremos. Si estuviéramos en los polos, donde el cenit coincide con el eje de rotación y el horizonte con el ecuador (latitud 90°), la primera observación que veríamos sería que existen seis meses en los que el Sol es visible todo el día (Sol de medianoche estival) y otros seis en los que no es visible en ningún momento (invierno polar). Durante esta última

estación, además de poder observar auroras boreales, veríamos cómo las estrellas del cielo boreal o austral (según estemos en el polo norte o el sur) se moverían alrededor del polo y paralelas al horizonte. De hecho si tomáramos una fotografía en dirección al cenit los trazos generados serían concéntricos y con centro en el polo. No capturaríamos por tanto ningún orto ni ningún ocaso, como ocurre en nuestras latitudes.

Por otro lado, para un observador que estuviera en algún lugar del ecuador, donde el cenit pertenece al plano ecuatorial y el horizonte contiene al eje de rotación (latitud 0°), todos los días del año se caracterizan por la permanencia del Sol sobre el horizonte el mismo tiempo que está por debajo. Desde esas latitudes, la Polar se divisaría sobre el horizonte norte y al contrario que en los polos, ninguna estrella sería circumpolar. Una ventaja interesante de estos lugares ecuatoriales es que ningún objeto de la bóveda celeste se quedaría fuera de la vista. En el ecuador se vería todo el firmamento, desde la Polar hasta la Cruz del Sur.

Entre estos dos casos extremos tenemos las latitudes intermedias, entre las que se encuentra nuestro país. En nuestro caso, al vivir en la latitud 40° la duración del día y la noche a lo largo del año varía sustancialmente según la estación del año en la que nos encontremos. Así en verano tenemos luz solar durante casi 15 horas al día y por el contrario en invierno la situación se invierte y el día del solsticio de invierno sólo vemos el Sol durante apenas 9 horas al día.

El movimiento anual

El movimiento sidéreo no sólo afecta a las estrellas sino que también el Sol, la Luna y los planetas están afectados por dicho movimiento. Como ya hemos mencionado anteriormente la rotación terrestre hará que estos cuerpos celestes describan también el paralelo celeste correspondiente a su declinación en un momento dado.

Pero en estos objetos hemos de tener en cuenta otro hecho muy importante y que no ocurre con las estrellas. Además del movimiento de rotación existe otro de

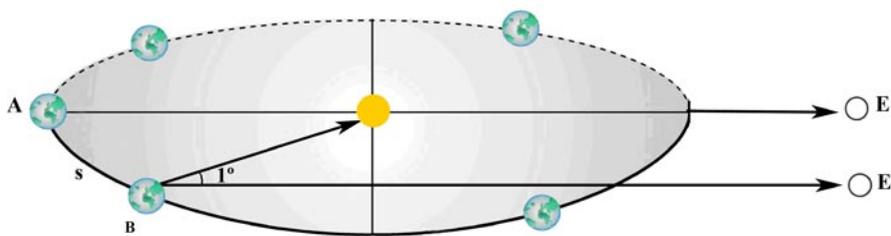


FIG. 3: MOVIMIENTO ANUO

traslación de la Tierra alrededor del Sol que produce en éstos otro desplazamiento aparente respecto a las estrellas; dicho desplazamiento es conocido como movimiento anual.

Para entender este movimiento supongamos que en un momento dado tenemos la posición de la Tierra en un punto A de la órbita y supongamos también que nuestro planeta, el Sol y una estrella cualquiera están alineados en ese momento en la dirección de nuestro meridiano de lugar o local (círculo máximo que pasa por el polo y por nuestro cénit). Cuando la Tierra dé una rotación en torno a sí misma, por tanto habrá pasado un día sidéreo, ésta se habrá desplazado de A hasta B una distancia s . En ese momento, la estrella vuelve a pasar por el meridiano local pero no el Sol al cual todavía le faltará un cierto ángulo para llegar al meridiano, concretamente un valor angular de casi 1° ($360^\circ/365$).

Consecuentemente, el Sol irá por tanto retardado un cierto valor temporal respecto a la estrella que hemos elegido. Este retardo del Sol respecto a las estrellas, conocido con el nombre de aceleración de las fijas, se puede cuantificar en un valor diario de $3m\ 56s$ y provocará entre otras cosas que las coordenadas ecuatoriales del Sol no sean constantes y por lo tanto varíen continuamente conforme la Tierra se vaya desplazando en su órbita de traslación. Así es como por ejemplo la ascensión recta del Sol se incrementará cada día ese valor de $3m\ 56s$ mientras que la declinación oscilará en el intervalo comprendido entre los $-23^\circ 27'$ y los $+23^\circ 27'$ (oblicuidad de la eclíptica). Recordemos que la oblicuidad (ϵ) es el ángulo que forma el plano del ecuador celeste y el plano de la eclíptica (ver figura 4).

Además, se ha de tener en cuenta también el hecho

de que la órbita de la Tierra es elíptica y por tanto, en virtud de las leyes de Kepler, nuestro planeta no la recorre a velocidad uniforme. Lógicamente, si la velocidad lineal de traslación de nuestro planeta (aproximadamente $100.000\ k/h$) no es

constante tampoco lo será el movimiento aparente del Sol a lo largo de la eclíptica.

En resumen, diremos pues que el movimiento aparente del Sol respecto al resto de estrellas adquirirá valores diarios distintos, de tal modo que si medimos el tiempo transcurrido entre dos pasos consecutivos del Sol por un mismo meridiano, comprobaremos que este intervalo varía ligeramente de unos días a otros, yendo en aumento o en disminución según la época del año en que se efectúen las observaciones.

Tiempo solar y sidéreo

Históricamente, el movimiento aparente de los astros ha sido el que ha marcado el paso del tiempo. Todas las civilizaciones sin excepción han usado los movimientos celestes (bien el Sol, la Luna o las estrellas) para definir su calendario y su cronología. E incluso a pesar de los rudimentarios sistemas de medición, numerosas culturas llegaron a la deducción de que un día venía determinado por la rotación de la Tierra sobre su eje y que $365,25$ rotaciones de la Tierra sobre dicho eje equivalían a una órbita del planeta alrededor del Sol.

No obstante, y como ahora veremos, todos estos avances no fueron suficientes para determinar con precisión la determinación uniforme del tiempo. Desgraciadamente, ni el Sol ni la Luna ni las estrellas nos aseguran un patrón uniforme en el cual basarnos. Y ni tan siquiera hoy en día los más modernos sistemas de medición están a salvo. De lo que no queda ninguna duda es que ningún sistema de medida de tiempo perdura para siempre, con total seguridad tarde o temprano acabará siendo sustituido por otro.

Una de las civilizaciones antiguas que más se preocuparon por medir el tiempo fueron los egipcios. Suyo fue el primer calendario civil cuya función principal era organizar los servicios religiosos más comunes, programar celebraciones y servir de referente temporal a la hora de pagar impuestos y recoger las cosechas. Básicamente, el calendario egipcio consistía en tres estaciones formadas a su vez de 4 meses de 30 días cada uno, dando un total de 360 días. Para completar el total de 365 días de un año, a estos 12 meses se sumaban 5 días denominados epagómenos, a los cuales los egipcios denominaban “los que están por encima del año”.

El concepto de hora también proviene del antiguo Egipto, cuyo calendario contaba con días divididos en 12 horas para el día y otras 12 para la noche. Aunque esta división provocaba que la duración de las horas no fuese igual durante un mismo día y que además también cambiase a lo largo del año, los egipcios decidieron mantener a partes iguales sus horas de noche y de día. Posiblemente la razón para mantenerlas iguales tenga alguna relación con los 12 meses del calendario civil.

Otro pueblo muy preocupado por la medición del tiempo fue el babilónico. A ellos hay que otorgarles el mérito de que hayamos heredado el sistema sexagesimal, tanto en la medida del tiempo como en la medida angular. De hecho suya fue la subdivisión de la hora en sesenta unidades, un número que se presta fácilmente a la subdivisión, y a su vez esa subdivisión se volviera a subdividir en otras sesenta unidades. Por tanto, el sistema babilónico de medición del tiempo, que después se extendería a la cultura grecorromana, divide el día en 24 horas, la hora en 60 minutos y el minuto en 60 segundos, obteniéndose pues el segundo como la fracción $1/86.400$ del día.

Actualmente, existen diferentes patrones de tiempo

basados en los movimientos celestes. El primero se basa en el movimiento del Sol aparente o verdadero y que, como ya hemos comentado anteriormente, mide el tiempo transcurrido entre dos pasos consecutivos del Sol por un mismo meridiano. De este modo, el día solar verdadero se definirá como el tiempo transcurrido entre dos pasos consecutivos del Sol por el meridiano de lugar. Para medirlo podemos usar un reloj solar el cual presenta el inconveniente de que no es uniforme al variar 30 minutos al cabo del año.

El segundo patrón de tiempo, el tiempo sidéreo, basado no en el Sol sino en las estrellas, goza de mayor uniformidad al no estar condicionado por las irregularidades que produce la órbita de la Tierra alrededor del Sol. Éste se define como el intervalo de tiempo transcurrido entre dos pasos consecutivos de una estrella por el meridiano de lugar, aunque realmente para definir este intervalo no tomamos una estrella sino un punto del Ecuador al que hemos denominado punto Aries (γ).

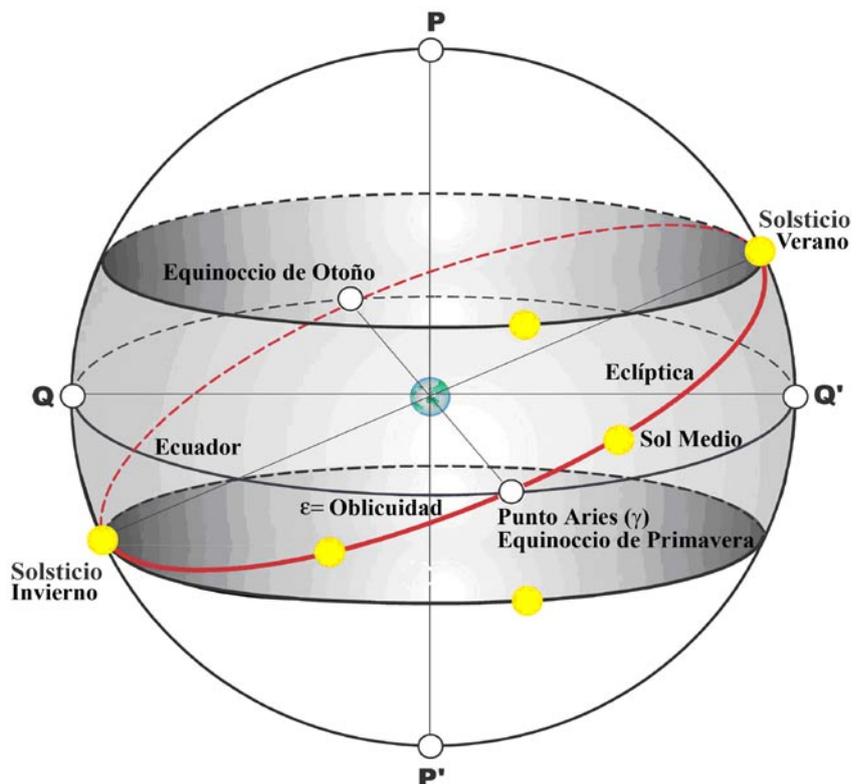


Fig. 4: TIEMPO SOLAR Y SIDÉREO

Analíticamente, este punto es el resultante de la intersección de dicho plano con el de la Eclíptica, por lo que cuando dicho punto pase por nuestro meridiano de lugar serán las 0 horas sidéreas del día D y cuando vuelva a

pasar de nuevo por dicho meridiano serán las 0 horas sidéreas del día D+1. Además, este intervalo se corresponde con el período de rotación terrestre que como ya sabemos es el tiempo que tarda nuestro planeta en dar una vuelta de 360°.

No obstante, a pesar de su uniformidad y que esta hora sidérea sea la que se maneja en los observatorios, en la práctica no es posible usarla ya que desgraciadamente las horas que marcara nuestro reloj sidéreo estarían desfasadas respecto de las horas del día y de la noche y por tanto no nos valdría para nuestro uso cotidiano. Por esta razón en la vida diaria usamos el Sol para medir el tiempo aunque como ya hemos visto no es una maquinaria perfecta y sufre continuos desajustes.

Entonces, si no nos vale ni el Sol aparente ni las estrellas como patrones de tiempos, ¿cuál sería el más adecuado? La solución al problema que se nos plantea se obtuvo introduciendo un nuevo Sol ficticio que fuera constante, uniforme y que tuviera el mismo período que el Sol verdadero; a éste se le llamó Sol medio. Se podría definir pues un día medio como el intervalo de tiempo transcurrido entre dos pasos consecutivos de dicho Sol medio por el meridiano superior del lugar. Y como ya anticipábamos anteriormente, dicho día solar medio equivaldrá pues a un día sidéreo más un lapso de tiempo que hemos cuantificado en 3m 56s.

En definitiva, y sin contar las técnicas modernas más precisas en las que no vamos a entrar, el tiempo solar medio es el más adecuado para la medición con relojes y el que, en promedio, refleja con mayor fidelidad el movimiento orbital de la Tierra en torno al Sol. De hecho, de éste deriva el que actualmente usamos para situar en el tiempo nuestros acontecimientos personales y laborales y que conocemos como Tiempo Universal (TU).

Bibliografía básica de interés

- Michael A. Covington, *Telescopios modernos para aficionados*, Ed. Akal (2005).
- Michael A. Covington, *Astrofotografía con cámaras réflex digitales*, Ed. Akal (2009).
- F. Martín Asín, *Astronomía*, Ed. Paraninfo (1990).
- F. Martín Asín, *Geodesia y cartografía matemática*,

Ed. Paraninfo (1990).

- Juan B. Mena Berrios, *Geodesia Superior (Volumen I)*, Centro Nacional de Información Geográfica (2008).
- Vicent J. Martínez, Joan Antoni Miralles, Enric Marco y David Galadí-Enríquez, *Astronomía fundamental*, Publicacions Universitat de València (2005).
- José Lull, *La astronomía en el antiguo Egipto*, Publicacions Universitat de València (2005).
- Gary Seronik, *A simple hinge tracker*, Sky & Telescope (Agosto 2011).
- David Finkleman, Steve Allen, John H. Seago, Rob Seaman y P. Kenneth Seidelmann, *El futuro del tiempo*, Investigación y Ciencia (Diciembre 2011).

Créditos de las figuras

- Fig. 1: Movimiento sidéreo. Autor: Josep Julià Gómez. Cámara: Canon 450D y objetivo a 10 mm. Fecha: 8/10/2011 (23:36 TL). Lugar: Marzuquera (Gandía). Ajustes: F/3,5, ISO800 y suma de 49 fotos de 20 s. cada una (en total 980 segundos).
- Fig. 2: Movimiento diurno del Sol. Autor: Fernando Cruz.
- Fig. 3: Movimiento anuo. Autor: Ángel Requena.
- Fig. 4: Tiempo solar y sidéreo. Autor: Fernando Cruz.