

El día más corto del año, la Ecuación del Tiempo, la Analema y otros animales

By Luis Mederos

Como todos sabemos, alrededor del 21 de Diciembre se produce el solsticio de invierno (en el hemisferio norte). Desde el solsticio de verano (alrededor del 21 de junio cuando tiene lugar la noche más corta y el día más largo) hasta ese día la duración de las noches ha ido creciendo mientras que los días se han ido acortando. La noche del 21 de diciembre será la más larga del año. Uno pensaría entonces que a medida que nos acercamos al 21 de diciembre el Sol saldrá cada día un poco más tarde y se pondrá cada día un poco antes para cambiar ambas tendencias a partir del 21 de diciembre, saliendo entonces cada día un poco antes y poniéndose un poco después consiguiendo así que la duración del día aumente de nuevo a partir del 21 de diciembre hasta alcanzar de nuevo su máximo en el solsticio de junio. Pero resulta que no es así. En la tabla siguiente se muestran las horas de salida y puesta del Sol para un punto en 40° N, 0° W durante el año 2005 en fechas anteriores y posteriores al solsticio de diciembre:

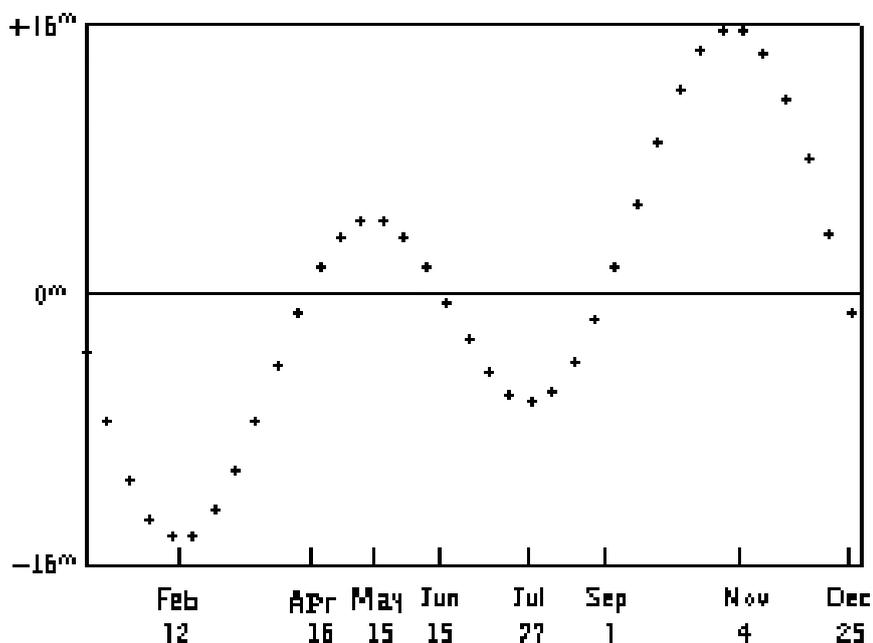
Día	Salida (UT)	Puesta (UT)	Duración del día
25 noviembre 2005	06:56:20	16:37:24	09:41:04
1 diciembre 2005	07:02:37	16:35:19	09:32:42
10 diciembre 2005	07:10:54	16:34:41	09:23:47
15 diciembre 2005	07:14:42	16:35:39	09:20:57
18 diciembre 2005	07:16:39	16:36:39	09:20:00
19 diciembre 2005	07:17:14	16:37:04	09:19:50
20 diciembre 2005	07:17:48	16:37:30	09:19:42
21 diciembre 2005	07:18:20	16:37:59	09:19:39
22 diciembre 2005	07:18:49	16:38:30	09:19:41
23 diciembre 2005	07:19:17	16:39:02	09:19:45
24 diciembre 2005	07:19:43	16:39:37	09:19:54
25 diciembre 2005	07:20:07	16:40:14	09:20:07
26 diciembre 2005	07:20:29	16:40:52	09:20:23
31 diciembre 2005	07:21:46	16:44:31	09:22:45
5 enero 2006	07:22:09	16:48:50	09:26:41
10 enero 2006	07:21:36	16:53:42	09:32:06
15 enero 2006	07:20:08	16:58:59	09:38:51

Como se ve en la tabla, a pesar de que el día más corto es, efectivamente, el 21 de diciembre, el Sol continua saliendo cada día un poco más tarde incluso después del 21 de diciembre (de hecho continua haciéndolo hasta principios de enero) mientras que, por el contrario, ya a primeros de diciembre, antes del solsticio, comienza a ponerse cada día un poco más tarde. ¿A qué se debe esta especie de *asimetría* entre el comportamiento de la duración del día y las horas de salida y puesta del Sol?

El movimiento de traslación de la Tierra alrededor del Sol se traduce, para un observador en la superficie terrestre, en una *huida* aparente del Sol hacia el este alrededor de la esfera celeste, a lo largo de la eclíptica, tardando un año en completar

una vuelta. Pero la Tierra no se traslada alrededor del Sol a velocidad constante. En diciembre, cuando más cerca estamos del Sol, se desplaza más deprisa que en junio cuando más lejos estamos del astro rey. Eso es lo que establece la segunda ley de Kepler. Por lo tanto, lo mismo le pasa al Sol es su deambular aparente por la esfera celeste. No podemos entonces utilizar los sucesivos pasos del Sol por nuestro meridiano para definir el día porque obtendríamos días de duración variable según la época del año. Para solventar este problema lo que se hace es definir un *Sol medio*. Este Sol medio es ficticio (no existe en realidad) y lo definimos como un Sol que huye hacia el este siguiendo el ecuador celeste (en lugar de la eclíptica) y, además, lo hace a velocidad constante (desplazándose, por tanto, $360/365$ grados diarios hacia el este). El *día solar* se define como el tiempo transcurrido entre dos pasos consecutivos de este Sol medio por nuestro meridiano. Una hora (de las que marca nuestro reloj) es el resultado de dividir un día solar en 24 partes iguales. De esta manera todos los días y todas las horas duran lo mismo. Pero el precio a pagar es que el Sol de verdad, el que vemos en el cielo, va por su cuenta. Según la época del año, unas veces irá por delante del Sol medio y otras por detrás. La diferencia que hay en un momento dado entre el Sol medio y el Sol de verdad se llama la **Ecuación del Tiempo** en ese momento.

Son dos las contribuciones a la Ecuación del Tiempo. Por un lado el hecho de que ambos Soles recorren círculos máximos diferentes de la esfera celeste (el ecuador celeste y la eclíptica). Esos círculos forman un ángulo de 23.5° . Así que para hallar la diferencia entre ambos soles primero hay que *proyectar* el Sol real sobre el ecuador celeste. Por otro lado, la segunda contribución se debe a la velocidad no constante de movimiento del Sol real sobre la eclíptica, como ya he comentado más arriba. El resultado se representa en la siguiente figura que muestra la Ecuación del Tiempo a lo largo de todo un año:



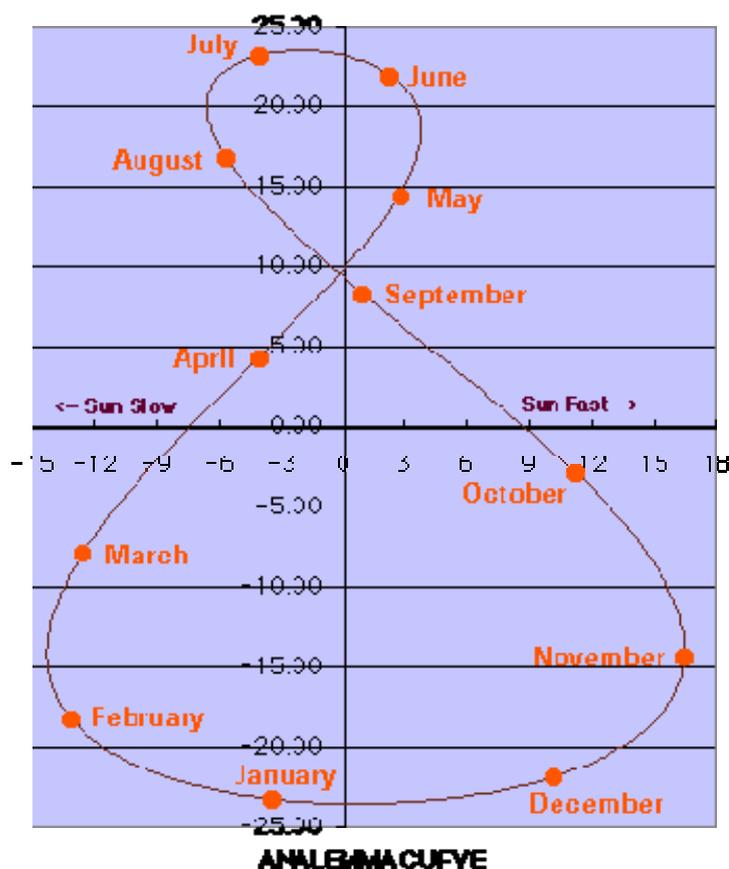
Como se ve la diferencia llega a ser de unos 16 minutos en algunos momentos del año. Esa diferencia entre el Sol real y el Sol medio que utilizamos para definir la hora es máxima alrededor del 3 de noviembre y es la responsable de la asimetría que se observa en la tabla de más arriba.

Otro precio que hemos de pagar para poder tener un patrón de tiempo solar aceptable, es decir, constante, con horas y días que duran siempre lo mismo, es que el mediodía verdadero (que corresponde al instante en que el Sol pasa por nuestro meridiano) no ocurre en general a las 12:00. En ciertas épocas del año ocurre antes de las 12 (hasta 16 minutos antes) y en otras épocas ocurre después de las 12. Ocurrirá antes cuando la Ecuación del Tiempo es positiva (ya que la hemos definido como la diferencia entre el Sol medio menos el Sol verdadero) y ocurrirá después cuando es negativa. Por eso el Almanaque Náutico consigna para cada día del año la hora de paso del Sol por el meridiano, es el dato *PMG* que aparece en la página diaria. La curva anterior para la Ecuación del Tiempo puede entonces obtenerse fácilmente utilizando el Almanaque Náutico ya que $ET = 12:00 - PMG$.

Puesto que nuestro astro rey unas veces va por delante de la hora (del Sol medio) y otras por detrás, si fotografiamos todos los días del año el Sol a la misma hora, las 12:00, con una cámara que mantengamos fija de modo que fotografiamos siempre la misma zona, y después superponemos las fotos, obtendremos una figura que será el resultado de componer las distintas posiciones más al este o más al oeste (según que el Sol vaya atrasado o adelantado con respecto al Sol medio) con las diferentes alturas que alcanza a lo largo del año debido al cambio de declinación del Sol. Esa figura, en forma de 8 se llama **Analema** y la puedes ver en la siguiente composición fotográfica obra de V. Rumyantsev:



Seguramente lo entenderás más fácilmente con este esquema:



En el eje vertical se representa la altura alcanzada por el Sol a las 12:00 (referida a la altura alcanzada en los equinoccios cuando su declinación es cero). Los equinoccios corresponden a los dos puntos de corte con el eje horizontal). Por eso la máxima altura alcanzada es 23.5° (y la mínima -23.5°) que es el máximo (y mínimo) valor de la declinación del Sol y esos valores máximo y mínimo se alcanzan en los solsticios. La proyección de la curva sobre el eje horizontal nos da la Ecuación del Tiempo en cada momento del año. Como vemos, a principios de noviembre es máxima y positiva (algo más de 16 minutos) y el esquema indica “Sun Fast”, es decir, el Sol real pasa por el meridiano antes de las 12:00 así que a las 12:00 ya está al oeste del meridiano. Lo contrario ocurre en febrero cuando la Ecuación del Tiempo toma su valor mínimo y negativo indicando que el Sol está atrasado, pasando por el meridiano después de las 12:00 y estando, por tanto, aún al E del meridiano a las 12:00. Los cuatro cortes de la curva con el eje vertical corresponden a los cuatro momentos del año en que la Ecuación del Tiempo es cero.

¿Y todo esto en que nos afecta en nuestra vida diaria? Pues evidentemente en nada. Hoy día no es más que una curiosidad. Pero si queremos construir un reloj de sol, entonces hemos de tener en cuenta la Ecuación del Tiempo para traducir la hora indicada por el reloj de sol (que, evidentemente, será hora solar verdadera) a la hora de nuestro reloj de pulsera (que marca horas solares medias).

Más importante fue la Ecuación del Tiempo cuando no se había inventado el cronómetro (o no se había extendido su uso debido a su precio). En aquellos años (desde mediados del siglo XVIII hasta la primera década del siglo XX) se obtenía la hora mediante un *time sight*, consistente en mediar la altura del Sol y resolver el triángulo de posición para calcular el horario en el lugar (en lugar de calcular la altura estimada como hacemos en una tradicional recta de altura). El horario en el lugar del Sol nos dice dónde está el Sol (verdadero claro) en ese instante con respecto a nuestro meridiano. Es decir, nos dice cuanto tiempo falta (o cuanto tiempo ha pasado) hasta (desde) el mediodía verdadero. Para convertir esta hora solar verdadera (*local apparent time* como lo llaman los ingleses) a hora solar media (la del reloj de pulsera) tenemos que aplicar la Ecuación del Tiempo. Y este era un paso fundamental en la manera de navegar antes de la popularización del cronómetro (véanse los detalles en el curso en línea sobre *distancias lunares*). Por esa razón el Almanaque Náutico publicaba, junto al horario y la declinación del Sol, una columna en la que se tabulaba la Ecuación del tiempo para cada hora *UT* y cada día del año. Con la caída en desuso del método de las distancias lunares, esa información dejó de incluirse en el Almanaque hace ya muchos años. Ahora el *Almanaque Náutico Procivel*, disponible gratuitamente en <http://www.rodamedia.com>, ha vuelto a incluir la Ecuación del Tiempo para cada hora *UT* de cada día del año. ¡No hay ya excusas para no practicar las lunares! Por cierto, la Ecuación del Tiempo puede obtenerse muy fácilmente, para una hora *UT* dada, a partir de los datos del Sol ya incluidos en el Almanaque. ¿Sabes cómo?