
2012, inicio de la Era del Sexto Sol

La imagen del Sol

La estrella llamada Sol

El Sol es la estrella más cercana a la Tierra. La distancia Tierra-Sol es de aproximadamente 150 millones de kilómetros o 1 unidad astronómica (UA). El Sol es la principal fuente de energía, en forma de luz y calor, recibida en la Tierra. La luz emitida por la superficie del Sol tarda en llegar a la Tierra aproximadamente 8 minutos.

Esta estrella es parte de la Galaxia llamada Vía Láctea y se encuentra ubicada en uno de sus brazos, Sagitario. El Sol es un objeto que gira, tiene una rotación diferencial, es decir, gira más rápido en su centro que en su superficie. La rotación en la superficie va de 25 días en el ecuador a 36 días cerca de los polos [1]. El Sol también gira alrededor de la Galaxia dando una vuelta cada 200 millones de años. El Sol se mueve hacia la constelación de Hércules a una velocidad de 19 km por segundo (68 mil 400 kilómetros por hora).

Como todas las estrellas, el Sol brilla con luz propia derivada de su propia energía generada por las reacciones termonucleares que ocurren en su interior. El Sol es una estrella como la mayoría de las existentes en la Galaxia llamada Vía Láctea y es una estrella simple, otras son binarias o forman sistemas múltiples.

La masa del Sol se considera como la unidad solar ($1 M_{\odot}$). El Sol es un cuerpo de mayor masa que la Tierra, constituyendo el 99% de toda la materia del sistema solar. Debido a su gran masa, comparada con la de los planetas, ejerce sobre los mismos una fuerte atracción gravitacional.

Durante mucho tiempo, se creía que la Tierra era el centro del Universo y el Sol giraba a su alrededor. En 1543, Copérnico propuso una nueva teoría según la cual la Tierra es la que gira alrededor del Sol lo mismo que los demás planetas. Las observaciones astronómicas de Galileo Galilei demostraron la teoría copernicana. Johannes Kepler la verificó y concluyó que las órbitas de los planetas son elípticas. Hoy se conoce que estas órbitas no son cerradas sino abiertas.

Al igual que las demás estrellas, el Sol se formó, evoluciona con el tiempo y tendrá un fin. Se estima que la formación del Sol ocurrió hace aproximadamente 4 mil 500 millones de años. Comparativamente, la edad del Universo se estima en 13 mil 600 millones de años.

El Sol es una estrella de la Población I, la generación que se considera más reciente. Esta Población es relativamente rica en metales, a diferencia de las Poblaciones II y III, siendo éstas últimas de muy baja *metalicidad*.

El Sol se encuentra a la mitad de su tiempo de vida y se considera que, dentro de 5 mil millones de años más, ocurrirá su final convirtiéndose inicialmente en una estrella gigante roja, muy grande y relativamente fría, después será una estrella enana café y luego blanca, reduciendo su tamaño y aumentando su temperatura considerablemente.

Con el tiempo, a partir de una gran nube molecular de gas y polvo, volverá a encenderse una nueva estrella y, probablemente, vuelva a surgir la vida en otro tiempo y otro lugar.

Datos básicos	El Sol	La Tierra
Tamaño: radio ecuatorial	695,000 km	6,378 km
Periodo de rotación sobre el eje	de 25 a 36 días *	23.93 horas
Masa comparada con la Tierra	332,830	1
Temperatura superficial media	6000 °C	15 °C
Gravedad superficial en la fotosfera	27.4 m/s ²	9.78 m/s ²

Fuente: www.astromia.com [1].

La influencia del Sol

El Sol tiene una importancia enorme para la vida misma que, en el sistema solar, existe solamente en la Tierra. La luz y el calor del Sol no son suficientes para que haya vida pero, ésta, no sería posible sin el Sol. De manera que el Sol tiene una influencia e importancia extraordinarias para la humanidad.

Al Sol se le han atribuido muchas cosas a lo largo de la historia escrita. Algunos pueblos lo consideraban una deidad que durante el día les daba luz y calor y, por la noche, los abandonaba para viajar, a través de misteriosos caminos subterráneos, desde el horizonte occidental al oriental. Las diversas civilizaciones le dieron diferentes nombres al Sol. En México se el conocía como Tonatiuh.

En la medida en que el hombre se ha desarrollado y adquirido niveles superiores de conciencia, se ha buscado una mejor explicación de los fenómenos naturales. Así es como se ha estudiado al Sol desde múltiples aspectos. Su estudio ha servido para entender también a otras estrellas más lejanas.

En la superficie del Sol se producen diversos fenómenos, entre otros, grandes erupciones de plasma, flamas solares y eyecciones de masa coronal. Se trata de de las más grandes explosiones que ocurren el sistema solar.

Estos eventos turbulentos impulsan la formación de un viento solar, formado por partículas subatómicas, que golpean el campo magnético de la Tierra en 21 horas creando una tormenta geomagnética. Estas pueden tener efectos bastante severos interrumpiendo las radiocomunicaciones y satélites, y sobrecargando las redes eléctricas terrestres.

La distancia de la Tierra al Sol

Anaxágoras, filósofo griego, sugirió hacia el año 434 a.C. que el Sol era una bola de fuego flotando unos 650 km sobre la superficie de la Tierra. El razonamiento era lógico pero los resultados incorrectos; en ese tiempo, se pensaba que la Tierra era plana. No obstante, esas ideas impugnaban al dogma religioso y Anaxágoras fue encarcelado y desterrado de Atenas.

Dos siglos más tarde, Eratóstenes atribuyó la diferencia de posiciones del Sol a la curvatura de la superficie terrestre y concluyó que la Tierra es una esfera con un radio de 6,436 km, estimación muy próxima al valor moderno (6,376 km).

Hiparco (160-125 a.C) propuso medir las distancias al Sol y a la Luna. Mediante medios geométricos, encontró que la distancia de la Tierra a la Luna sería de $67r$, siendo r el radio de la Tierra; el valor moderno es de $60.267r$. Con respecto a la distancia al Sol, Hiparco estimó que éste estaba 37 veces más lejos que la Luna, es decir, 15.955 millones de km, valor muy pequeño con comparado con su valor actual.

Pasaron 17 siglos hasta que se lograron los valores correctos utilizando telescopios e instrumentos astronómicos de precisión.

El método que normalmente se utiliza en la astronomía para medir distancias dentro del sistema solar se basa en la observación del llamado *desplazamiento paraláctico* o *paralaje* [3]. Para este procedimiento geométrico se utiliza algún punto de apoyo situado entre el Sol y la Tierra. Uno de estos puntos de apoyo es el planeta Venus que, a veces, se acerca a la Tierra a una distancia mucho menor que la que separa la Tierra del Sol.

Durante el paso de Venus a través del disco solar, de 1752, Nicolás Luis Lacalle observó la proyección de Venus sobre el disco solar desde dos lugares diferentes en la superficie terrestre. Por ese método, Lacalle obtuvo la primera valoración razonablemente exacta de la distancia de la Tierra al Sol superior en 10 veces la obtenida por Hiparco. Hoy, mediante métodos más precisos, se conoce que esa distancia es de 149.450 millones de kilómetros. Ese valor se considera como la unidad astronómica.

La masa del Sol

Hace 300 años, Isaac Newton formuló una teoría de la gravitación y propuso una ley de la gravitación universal.

De acuerdo a esta ley, la fuerza F entre dos cuerpos materiales de masas M_1 y M_2 es proporcional al producto de estas masas e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia R que las separa. La ley se expresa como

$$F = G \frac{M_1 \times M_2}{R^2}$$

donde G es una constante de proporcionalidad llamada *constante de gravitación*.

Henry Cavendish (1731-1810) realizó experimentos en su laboratorio y determinó el valor de esta constante. La masa de la Tierra se puede conocer a partir del valor que la gravedad terrestre ejerce sobre la Tierra, es decir, su peso; y de la distancia al centro de la Tierra, es decir su radio.

Se encuentra que la masa de la Tierra es de 5.966×10^{27} gramos y, la masa del Sol, es de 1.983×10^{33} gramos. Esta última es la unidad de la masa solar ($1 M_{\odot}$), donde \odot se conoce como el símbolo solar.

La temperatura de la superficie del Sol

Si el Sol es una “bola de fuego” como le llamo Anaxágoras, entonces, su superficie debe estar muy caliente. Eso se debe a que el Sol tiene energía propia que le permite evolucionar y, consecuentemente, radía luz y calor.

Fue Newton quien primero puso de manifiesto que la luz blanca es la mezcla de los diversos colores del arco iris mismos que se pueden separar enviando la luz a través de un prisma de cristal. La luz es una radiación y los diferentes colores corresponden a diferentes *longitudes de onda* de la radiación emitida. El ojo humano solamente es sensible a algunos colores que van del violeta al rojo. Otras radiaciones, como la radiación ultravioleta, la radiación infrarroja o los rayos-X no se observan directamente, sino por sus efectos caloríficos, pero también son radiaciones que emite el Sol y que, en general, son dañinas al organismo humano. Se dice que el Sol radía en todo el *espectro electromagnético*.

Todas las radiaciones transportan cierta cantidad de energía. Esta se puede medir transformándola en calor y midiendo el incremento de temperatura resultante. Esto se hace por medio de instrumentos llamados *bolómetros*. A partir de diversos estudios se formularon leyes, como la *ley*

2007 energía 7 (84) 55, FTE de México de *Stefan-Boltzman* y la *ley de Wien*, para relacionar la radiación emitida y la temperatura del cuerpo que emite las radiaciones.

Cualquiera de estas dos leyes se puede utilizar para obtener la temperatura de la superficie del Sol. Se sabe que un centímetro cuadrado de la superficie del Sol emite 1.5×10^3 calorías por segundo. De manera que la temperatura de la superficie del Sol resulta de 5,800 grados Kelvin. Otra manera de estimar esta temperatura es comparando el brillo de una estrella, obtenido por observación *visual*, con el obtenido por un método *fotográfico*. La relación de los brillos nos da un *índice de color* para determinar la temperatura superficial. El índice de color del Sol es de 0.65.

Estos métodos, sin embargo, son limitados porque la *ley de Stefan-Boltzman* y la *ley de Wien* son aplicables a cuerpos emisores ideales conocidos como cuerpos negros, mientras que, los emisores de calor usados en los laboratorios no son ideales. Un método mejor para medir la temperatura del Sol es la espectroscopia.

La temperatura superficial del Sol, conocida también como *temperatura efectiva*, no es la misma que la temperatura interior misma que alcanza altos valores hacia el centro del Sol. También es diferente la temperatura de la corona y la del viento solar.

La observación del Sol

La naturaleza se estudia utilizando instrumentos. Desde el siglo XVII, el Sol se ha observado con la ayuda de telescopios que miraban en la región óptica. Luego, se han utilizado radiotelescopios que “miran” en las regiones infrarroja, ultravioleta, de rayos X y de rayos gamma. La radiación recibida puede registrarse y convertirse en imágenes. Desde 1870, la fotografía ha sido una herramienta muy valiosa para la investigación del Sol.

El Sol radía en todas las longitudes de onda y no se puede mirar a simple vista porque la radiación que llega a la Tierra causa daños graves a la retina de los ojos. El Sol se estudia, entonces, con la ayuda de instrumentos, tales como los telescopios basados en Tierra y los telescopios espaciales a bordo de satélites. Entre otros, se tiene el coronógrafo para estudiar la corona solar, telescopios que observan en el ultravioleta lejano para el estudio del campo magnético, y radiotelescopios que detectan en ondas de radio. Entre los instrumentos satelitales está el Observatorio Heliosférico y Solar (SOHO) [1].

2007 energía 7 (84) 56, FTE de México

El Sol puede mirarse en 3 dimensiones a partir de las imágenes de los satélites STEREO de la NASA, especialmente, los eventos explosivos que ocurren en la superficie solar [3].

Miradas de colores para ver al Sol

“Sol brillante y colorado” se llama una sinfonía de Carlos Chávez, músico mexicano. Todo depende como miremos al Sol.

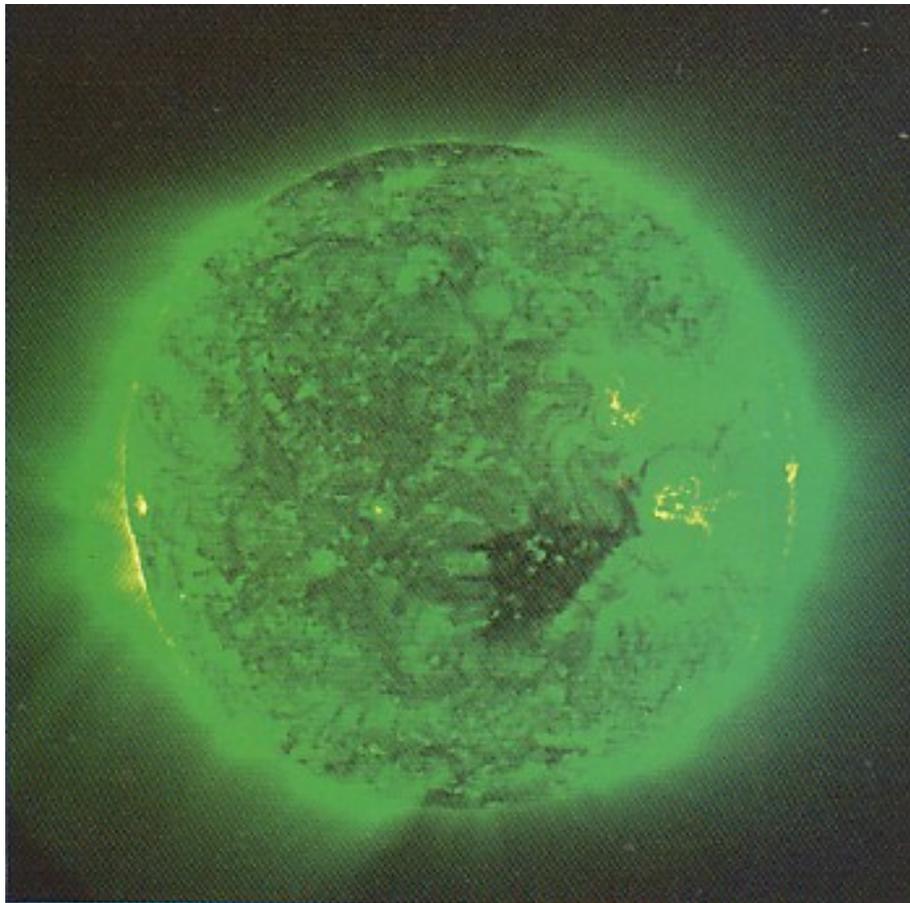
Visto en rayos-X se mira amarillo rojizo con un oscuro campo magnético. Pero el color depende de la temperatura de la radiación que emite. Cuando ésta es baja, p.e., 1.30 millones de grados, el Sol se ve rojo; para una temperatura de 2.7 millones de grados se mira verde y, cuando la temperatura es de 4.5 millones de grados, el Sol parece amarillo oscuro.

Referencias

[1] *El Sol*, en www.astromia.com

[2] Gamow G. 1964, *Una Estrella llamada Sol*, Espalsa-Calpé.

[3] Tadle N. 2007, *Coming Trough in Stereo*, en *Discover* May 2007, [ww.discovermagazine.com](http://www.discovermagazine.com)



El Sol visto en radiación emitida a temperaturas alrededor de 2.7 millones de grados.

FOTO Imagen del satélite STEREO de la NASA.