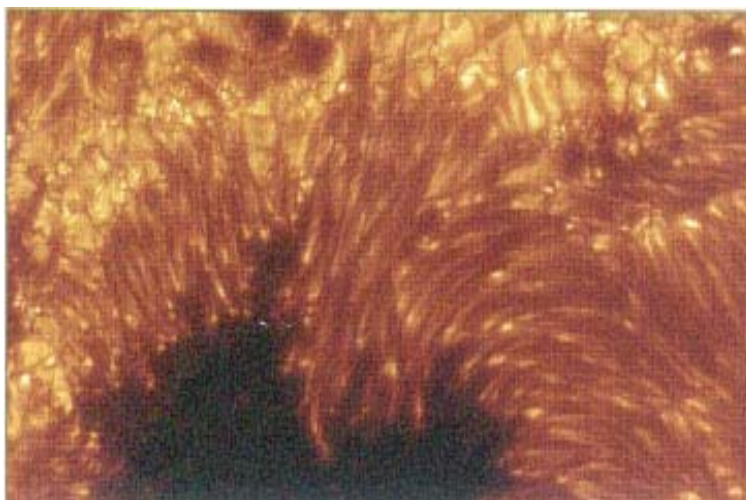


La estrella imprescindible

EL SOL: UNA ESTRELLA MEDIANA QUE GIRA ALREDEDOR DEL CENTRO DE LA VÍA LÁCTEA JUNTO CON OTROS CIENTO MIL MILLONES DE ESTRELLAS. PERO ES LA ÚNICA IMPRESCINDIBLE PARA NOSOTROS, Y TAMBIÉN LA ÚNICA QUE PODEMOS ESTUDIAR DE CERCA.

Por Silbia López de Lacalle
(IAA-CSIC)



AL IGUAL QUE EL RESTO DE LAS ESTRELLAS, el Sol es una esfera de gas incandescente que debe su energía a las reacciones termonucleares de su núcleo: la fusión de átomos de hidrógeno da lugar al helio, proceso en el que se libera la energía que viaja hacia la superficie y que se manifiesta en forma de luz y calor. Pero en ese viaje hasta la superficie la energía se transporta de distintos modos y a través de las diversas capas del Sol, en un recorrido que puede durar un millón de años.

El interior del Sol

El núcleo solar, que comprende un

25% del radio del Sol y alberga unas condiciones de temperatura y densidad que permiten la fusión del hidrógeno (hasta 15 millones de grados y 150 Kg/l, diez veces la densidad del plomo), limita con la zona radiativa, que abarca el siguiente 45% del radio solar y se caracteriza por el modo en que se transporta la energía: los fotones, o partículas de luz, tras chocarse insistentemente con los apretadísimos átomos que constituyen el material estelar, consiguen acarrear su contenido energético hasta la zona convectiva, que se extiende casi hasta la superficie. Aquí el movimiento de los gases toma el re-

levo en el transporte de energía: el gas, al igual que en una cazuela con agua hirviendo, se mezcla y burbujea. Al ascender transporta la energía hacia la superficie, donde se manifiesta en forma de lo que se conoce como granulación.

Las regiones externas

La imagen del Sol que estamos acostumbrados a ver, la de un disco amarillo con algunas manchas oscuras, corresponde a la fotosfera o "esfera de luz", una capa muy fina que presenta estructuras muy características, como gránulos y manchas. En tanto que los primeros se deben a la "ebullición" del gas ya



EL SOL: datos básicos

Diámetro: 1.391.980 km (109 veces el terrestre).

Masa: 2×10^{30} kg (2000 billones de billones de toneladas, o 332.946 veces la terrestre)

Temperatura en la superficie: 6.000° C

Temperatura en el centro: 15.000.000° C

Composición:

- Hidrógeno (93,9%)

- Helio (5,9% de su masa)

- Elementos pesados (0,2% de trazas de carbono, nitrógeno, oxígeno, neón, magnesio, silicio y hierro).
Estado: ni sólido ni gaseoso, la masa solar se denomina plasma. Este plasma es tenue y gaseoso en las zonas cercanas a la superficie y va haciéndose más denso hacia el núcleo.

Rotación: el Sol no rota de forma rígida como los planetas sólidos, sino que las regiones ecuatoriales rotan más rápido, con un periodo de unos 24 días, que los polos, que completan una vuelta en unos 30 días.

mencionada, las manchas son zonas más frías que vemos oscuras en comparación con sus alrededores.

Casi totalmente transparente, la cromosfera se encuentra justo por encima de la fotosfera. Las imágenes que se han obtenido de esta región han sido tomadas durante el principio y el final de los eclipses de Sol totales, en los que aparece como un anillo rojizo, o con filtros

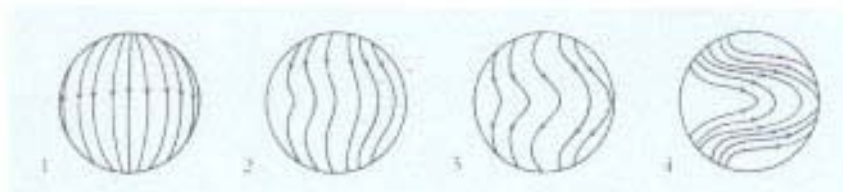
muy específicos. Dichas imágenes revelan una serie de fenómenos, como los filamentos, protuberancias y espículas.

Finalmente, la corona es la capa más externa de la atmósfera solar, formada por gas de muy baja densidad y con una extensión que supera los millones de kilómetros. Podemos observarla durante los eclipses totales de Sol como un halo blanquecino y, por su fuerte emisión

en rayos X debido a su elevada temperatura –cercana al millón de grados-, también con telescopios diseñados para esta longitud de onda. Con ellos se han obtenido imágenes que muestran “agujeros” en los polos de la corona, de donde se cree que procede el viento solar, un chorro de partículas eléctricamente cargadas que, con velocidades de unos 400 Km/s, invade el espacio interplanetario.



Δ LA CARA VIOLENTA DEL SOL



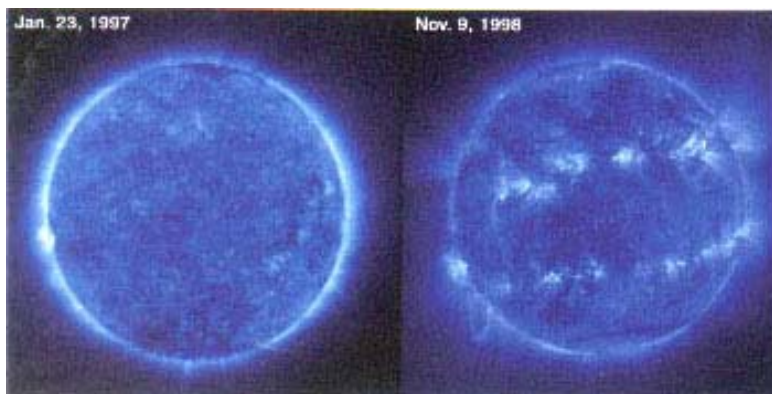
EL SOL NO ROTA DE FORMA RÍGIDA, sino que su región ecuatorial gira más rápido que los polos: debido a esta “rotación diferencial”, las líneas del campo magnético que, en condiciones normales, deberían dirigirse directamente de norte a sur, se van torciendo y formando densos haces en dirección este-oeste (ver imagen). Dichos haces se manifiestan en la superficie en forma de manchas, regiones en las que el campo magnético bloquea el transporte de energía hacia la superficie y ocasiona un descenso de temperatura. Estas manchas, conocidas desde hace más de dos mil años, se forman por grupos y constituyen las regiones donde se localiza la actividad solar y la mayoría de los fenómenos asociados a ella. Las manchas

solares, cuyo tamaño medio se ha establecido en unos 10.000 kms, pueden desarrollarse en unos pocos días y durar entre unos días y unos meses. Entre 1645 y 1715, el Sol atravesó una etapa de inactividad, hoy denominada Mínimo de Maunder, en la que la superficie de manchas en la superficie solar vino acompañada de una pequeña “edad de hielo” en la Tierra. Cuando la actividad solar se reanudó, los astrónomos, convencidos de la relación entre las manchas solares y el clima terrestre, comenzaron a guardar registros de las primeras. En 1843, el astrónomo aficionado Heinrich Schwabe estudió estos registros y descubrió que el número de manchas experimentaba un máximo cada once años, con lo que se estableció el ciclo de actividad solar.

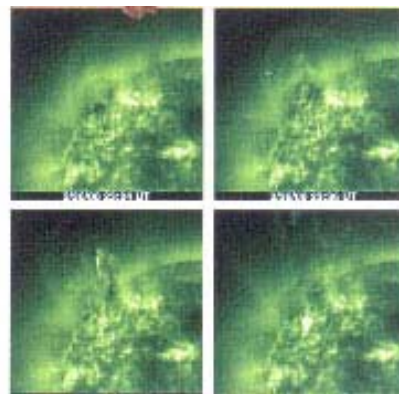
Los ciclos solares se empezaron a enumerar a partir del mínimo acaecido en 1755, y en la actualidad el Sol se halla en el final del número 23.

El Sol en acción

Las manchas solares son una prueba de que el Sol no emite energía de forma uniforme en toda su superficie, pero existen otros fenómenos que lo corroboran. Entre ellos destacan las fulguraciones solares, fenómenos explosivos que pueden liberar, en sus escasos minutos de duración, cantidades de energía equivalentes a millones de bombas de hidrógeno. Hoy día se cree que las fulguraciones se deben a la liberación de energía acumulada en líneas de campo magnético que han experimentado una fuerte tor-



El Sol en dos momentos diferentes del ciclo. Fuente: NASA



Fotogramas de una fulguración solar. Fuente: TRACE

sión; si comparamos las líneas de campo magnético con las gomas de un tirachinas, entenderemos mejor esta acumulación de energía: en un momento dado las líneas alcanzan el límite de torsión y liberan toda la energía repentinamente, una energía que, en el caso del tirachinas, se transmite a la piedra que lanzamos. Las fulguraciones causan tormentas magnéticas en la Tierra y generan efectos adversos en los sistemas técnicos terrestres, por lo que se han buscado métodos para predecirlos. Dada su correlación con las manchas solares, se ha establecido una

clasificación de manchas dependiendo de sus probabilidades para producir fulguraciones, lo que ha permitido mejorar la capacidad para predecir, sobre todo, dónde tendrán lugar estos eventos. Otro interesante fenómeno asociado a la actividad solar son las eyecciones de masa coronal, enormes burbujas de gas que, también motivadas por el campo magnético, son expulsadas del Sol en el curso de varias horas. Aunque en muchas ocasiones aparecen asociadas a fulguraciones o protuberancias, también se dan de forma independiente, con una frecuencia dependiente del ciclo solar:

durante un mínimo se observa una por semana, en tanto que cerca del máximo se dan dos o tres por día.

Las eyecciones de masa coronal pueden alterar el flujo del viento solar y, al igual que las fulguraciones, pueden generar desde cambios climáticos a interferencias en las comunicaciones, así como las hermosas auroras boreales, producidas cuando las partículas cargadas expulsadas por el Sol son conducidas por el campo magnético terrestre e interactúan con los gases de la atmósfera.

CONEXIÓN TIERRA-SOL

LA TIERRA, EL MAYOR DE LOS PLANETAS ROCOSOS DEL SISTEMA SOLAR, ESCOGIÓ EL LUGAR IDÓNEO PARA ESTABLECER SU ÓRBITA ALREDEDOR DEL SOL Y SE SITUÓ DENTRO DE LA "FRANJA DE HABITABILIDAD", O REGIÓN ALREDEDOR DE UNA ESTRELLA EN LA QUE LAS CONDICIONES DE PRESIÓN Y TEMPERATURA LE PERMITEN ALBERGAR AGUA LÍQUIDA. PERO LAS RELACIONES TIERRA-SOL NO SIEMPRE SON AMIGABLES: EN UN MUNDO DEPENDIENTE DE LOS SATÉLITES, LA CORRIENTE ELÉCTRICA Y LAS COMUNICACIONES POR RADIO, LAS TORMENTAS MAGNÉTICAS GENERADAS POR LA ACTIVIDAD SOLAR CONSTITUYEN UN RIESGO CONSTANTE.



en el cenit de la última edad de hielo era "solo" cuatro grados menos que la actual. A nivel global, un par de grados generan cambios drásticos.

Un aumento de temperatura global supondrá un aumento de la evaporación y de las precipitaciones, y el calentamiento de los océanos provocará tormentas cada vez más devastadoras. Además, el vapor de agua es, al igual que el dióxido de carbono, un gas que produce efecto invernadero, y las consecuencias de un efecto invernadero descontrolado serían catastróficas.

ESCUDO PROTECTOR. El viento solar, un flujo constante de partículas que emite el Sol, va erosionando las atmósferas de los planetas vecinos, Marte y Venus, algo que no sucede en la Tierra gracias a un "caparazón" magnético invisible denominado magnetosfera. Generada por el campo magnético interno, la magnetosfera desvía el 99% de las partículas provenientes del Sol. De hecho, la magnetosfera está en parte moldeada por el Sol: debido al viento

se halla comprimida en el lado diurno y estirada en el nocturno. Y durante una tormenta magnética, la magnetosfera se comprime, el campo magnético terrestre es perturbado y aparecen auroras boreales porque parte del viento solar se cuela por los polos, donde el escudo es más débil.



EL CAMBIO CLIMÁTICO. Lo que llamamos "clima" constituye una compleja interacción entre el calor que emite el Sol y los procesos que lo redistribuyen en la Tierra; así, además de la energía solar, los climatólogos deben tener en cuenta la atmósfera terrestre, sus océanos, ríos y lagos, las masas de agua helada, la tierra y la vida animal y vegetal. Por esto resulta tan difícil determinar en qué proporción afecta la variabilidad solar al cambio climático, aunque sí parece seguro que a partir de la Revolución Industrial el Sol dejó de ser el factor más influyente en el clima terrestre. El calentamiento global se relaciona directamente con las emisiones de dióxido de carbono, y se estima que en el 2050 la temperatura habrá aumentado entre tres y cinco grados; no parece mucho, pero todo cambia si consideramos que la temperatura global