

Un problema del tamaño de una estrella

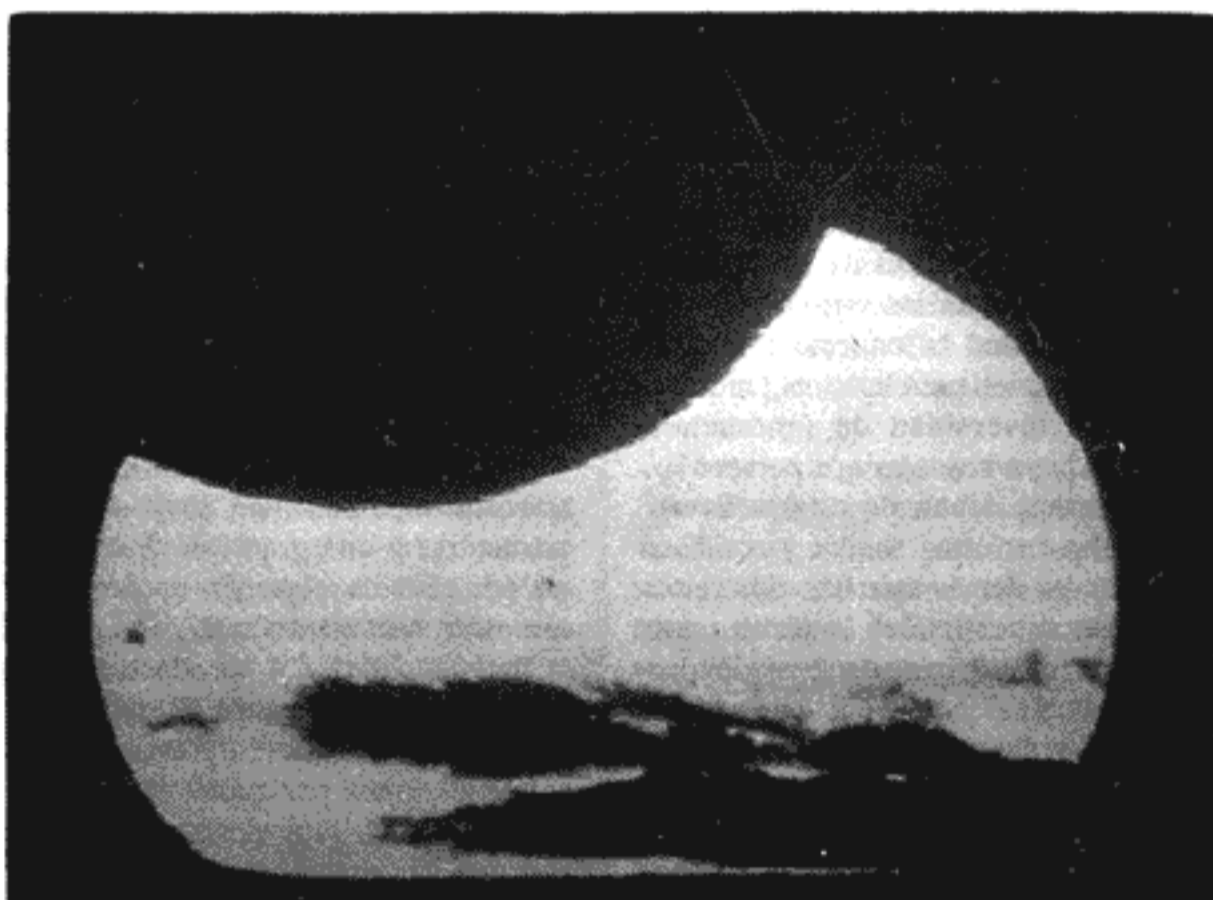
SILVIA BRAVO

Para los habitantes de otros sistemas planetarios, el Sol no es más que un punto de luz en el cielo. Para los terrícolas es una enorme esfera brillante, fuente de luz y calor, y que resulta indispensable para la vida. Para los físicos espaciales, es un enorme problema de física de plasmas y de mecánica cuántica; un problema del tamaño de una estrella.

De todas las ciencias naturales, la física es la que estudia los sistemas más simples, aquellos que tienen niveles de organización más sencillos. Hablamos de masas puntuales, de cuerpos rígidos y nos complicamos un poco más al tratar la estructura de los átomos, el comportamiento de los fluidos o las interacciones entre varios cuerpos. Estos dos últimos tipos de problemas se pudieron empezar a trabajar realmente, sólo cuando aparecieron computadoras capaces de realizar un gran número de operaciones por segundo. Esta posibilidad dio un gran impulso a ciencias tan complejas como la Geofísica, la Astrofísica y la Física espacial, entre otras, que tratan con sistemas de estructura más complicada, pero todavía susceptibles de ser tratados por la Física.

Una estrella, por enorme que sea, no es un sistema demasiado complejo, y se ha empezado a intentar el estudio y modelado de su comportamiento. El Sol es la estrella que tenemos más cerca y ya sabemos de él muchas cosas, tantas como para intentar usar toda nuestra física en un intento por entender su comportamiento. Así, en las últi-

Silvia Bravo: Departamento de Física Espacial, Instituto de Geofísica, UNAM.



Tomado de: Eclipse total de Sol.

mas décadas, ha surgido un área de estudio bien diferenciada llamada *Física solar*, cuyo único propósito es el modelado de los procesos físicos que ocurren en el Sol. Esta nueva disciplina ha resultado un desafío muy interesante, pues no solo conjunta casi toda la física que se ha desarrollado hasta ahora, sino que ha sido impulsora del desarrollo de áreas básicas muy nuevas, como lo es, en particular, la Física de plasmas.

El Sol, como todas las estrellas, es casi en su totalidad *plasma*. Con esto queremos decir que su material (principalmente hidrógeno) está tan caliente, que sus átomos se encuentran ionizados, por lo que el material solar es muy buen conductor de la electricidad y está magnetizado. El estudio del comporta-

miento de los plasmas magnetizados ha resultado ser de una riqueza inesperada, aunque también representa una gran complejidad y nos ha dado un buen número de sorpresas. En la física de plasmas están involucrados conceptos gravitacionales, electromagnéticos, atómicos, termodinámicos, cuánticos, en fin, es toda la física aplicada al estudio del comportamiento de la materia con estas características. Dicho sea de paso, aunque el estado de plasma fue el último en descubrirse, y por eso se le llama el *cuarto estado* de la materia, y aunque sea poco frecuente en nuestro entorno cotidiano, es el más común de la materia en el Universo, ya que el 99% de ella está en estado de plasma, en las estrellas, en los medios interpla-



Tomado de: Eclipse total de Sol.

netario, interestelar e intergaláctico y aun en las partes altas de las atmósferas de los planetas: las *ionósferas*.

El Sol, como la enorme esfera de plasma magnetizado que es, muestra una gran diversidad de fenómenos, que, aunque a nosotros nos parecen extraordinarios, deben de estarse llevando a cabo en forma similar y cotidiana en todas las demás estrellas. Sus características superficiales muestran una evolución cíclica, con un periodo promedio de 11.2 años. En estos ciclos aparecen y desaparecen manchas oscuras en el Sol, ocurren periodos de frecuentes y violentas explosiones, seguidos de periodos de gran calma. Aparecen enormes protuberancias que salen de su superficie y se extienden muy lejos sobre ella, antes de doblarse y volver a caer; hay regiones brillantes llamadas *fáculas* que surgen, duran un cierto tiempo y finalmente se apagan; en las imágenes de rayos X o en ultravioleta extremo, destacan regiones oscuras, llamadas *hoyos coronales*, las cuales se asientan en los polos del Sol durante los años correspondientes a sus periodos de calma y se encogen, y hasta llegan a desaparecer, cuando el Sol se encuentra muy activo.

Está también el *viento solar*, que es la extensión de la corona por todo el medio interplanetario, lo cual se realiza en forma continua a velocidades superiores al millón de kilómetros por hora. El plasma supersónico del viento solar,

genera una gran diversidad de fenómenos y estructuras, tanto en el espacio mismo, como alrededor de los planetas y los demás cuerpos materiales que constituyen nuestro sistema solar: ondas de choque —viajeras y estacionarias—, cápsulas magnetosféricas, corrientes eléctricas de muy diversas estructuras y una gran variedad de cosas por el estilo. Además, las perturbaciones de este viento solar, asociadas a la actividad del Sol, producen en la Tierra fenómenos como las tormentas geomagnéticas, las alteraciones en las comunicaciones por radio, las auroras polares, etc. y, muy posiblemente, tienen que ver con el clima y algunas alteraciones en la biósfera.

Se tienen también en el Sol una enorme gama de oscilaciones (más de cien modos descubiertos hasta ahora) observadas en su superficie, pero muchas de las cuales involucran capas más profundas. Este descubrimiento reciente, de la gran variedad de oscilaciones periódicas que muestra el material solar, ha dado lugar al nacimiento de una nueva rama de la Física solar llamada *Heliosismología*, a la que se están incorporando con mucho interés, diversos grupos de astrónomos y físicos espaciales. Y se tiene, finalmente, toda esa enorme energía que se genera en el Sol y mantiene todos estos procesos.

Pero el Sol es un gran problema. Conocemos ya muchas de sus características, aunque difícilmente podríamos

decir que entendemos verdaderamente alguna de ellas. Nadie sabe a ciencia cierta a qué se debe el ciclo de actividad solar, y los modelos fisicomatemáticos que lo describen son aún muy simplificados. No existe un modelo satisfactorio para las explosiones (*ráfagas*) solares; no se entiende bien la evolución de los hoyos coronales; no se ha logrado un modelo que explique las características generales del viento solar; la heliosismología está en pañales y, para colmo, ya no estamos seguros de lo que está pasando en el interior del Sol para generar su energía. Los modelos de fusión de hidrógeno para producir helio, liberando con ello una gran cantidad de energía, fueron recibidos con gran entusiasmo como explicación de la enorme y duradera fuente de energía del Sol. Pero en los últimos años, estos modelos de fusión nuclear se han visto en serios problemas, ya que no se observa la cantidad de neutrinos que se deberían producir.

En fin, que del Sol sabemos ya muchas cosas, pero no entendemos la gran mayoría de ellas; no tenemos mucha costumbre de tratar con estrellas, y no ha resultado fácil descifrar su comportamiento. Actualmente se ocupan del Sol un buen número de observatorios terrestres y de observatorios en órbita; estos últimos se han puesto ahí para evitar la absorción y el filtraje que ejerce nuestra atmósfera sobre algunas longitudes de onda particularmente importantes, como las ultravioleta y los rayos X y γ . Hay también vehículos en el medio interplanetario, algunos de ellos en órbita alrededor del Sol mismo, y que están registrando continuamente sus peculiaridades. Y hay también un buen número de experimentos en proyecto, como misiones en tierra y espaciales para el futuro cercano. Estamos empeñados en conocer bien a nuestra estrella, para poder extrapolar este conocimiento, con las características peculiares de cada caso, a los miles de millones de otras estrellas que nos acompañan. Estamos empeñados, también, en entender mejor el comportamiento de los plasmas, en particular de esos plasmas *sin colisiones*, que han mostrado ser capaces de comportarse como fluidos. Y, por último, estamos empeñados en generar modelos matemáticos que describan estos comportamientos. Como puede apreciarse, hay entretenimiento para rato. ♦