Índice general

2 Presentación por **D. Francisco Sánchez**, Fundador y Director del IAC
4 Agradecimientos

I - La aventura de la ciencia por Ángel Gómez, Jesús Burgos, Gotzon Cañada y Miquel Serra Ricart

6 Shelios y la aventura de la ciencia
8 Shelios'98: La aventura en el mar
14 Shelios'99: Expedición a Turquía
24 Torre de Babel
26 Turquía: Tesoro entre dos continentes
28 A vista de Pájaro
30 La Ruta de Libertad
32 La Corona de un Rey llamado Sol

II - Eclipses totales de Sol por Miquel Serra Ricart

34 Ocultaciones
36 Características de un Eclipse Total de Sol
38 Eclipses totales de Sol: ¿Sólo en la Tierra?
40 Cronología de un eclipse

III - Los eclipses en la historia por Ángel Gómez

42 Los astrónomos chinos pierden la cabeza
44 El Eclipse que hizo la Paz
46 El Sol, La Luna y La Cruz
48 El truco de Colón

IV - Una estrella fascinante por Inés Rodríguez Hidalgo

50 Somos polvo de estrellas
52 El Sol, nuestra estrella «de casa»
54 Sondeando el interior solar
56 Una estrella fascinante

V - Ciencia bajo la sombra de la Luna por Inés Rodríguez Hidalgo

58 Un regalo de la Naturaleza
60 Eclipses y precisión
62 La hermosa y dinámica corona
64 La enigmática y caliente corona
66 Eclipses y Relatividad General
68 Luz polarizada
70 ¡Todos de acuerdo para observar la corona desde la Tierra y el espacio!
72 Ciencia bajo la sombra de la Luna

VI - Inmortalizando la totalidad por Miquel Serra Ricart y Miguel C. Díaz Sosa

74 Consejos para la observación de un eclipse solar
76 Fotografiando un eclipse de Sol
80 Técnicas digitales en fotografía

VII - Los próximos eclipses por Ángel Gómez

84 África, 21 de junio de 2001
86 Espectáculos por venir: 2002-2010
88 Un Anillo de Fuego sobre España
90 Totalidad sobre la Piel de Toro: 2026 y 2027
92 18 formas de sentir un eclipse
94 Los autores del libro - Los expedicionarios

Un regalo de la Naturaleza

Hasta la invención del coronógrafo[1] en 1930, las únicas oportunidades de estudiar la corona solar eran los eclipses totales, fenómenos astronómicos desgraciadamente breves y, además, excepcionales en una localización determinada. Por eso no es de extrañar que los astrónomos hayan viajado cientos y miles de kilómetros para observar eclipses, a veces en condiciones extremas, durante más de un siglo. Todavía hoy la más importante actividad científica que se lleva a cabo durante la totalidad es la **observación de la corona solar.**

La principal ventaja de las observaciones de la corona durante un eclipse frente a las obtenidas con coronógrafos situados en Tierra es que, en el primer caso, la ocultación del disco solar se produce fuera de la atmósfera terrestre, lo que elimina la luz dispersa de origen atmosférico. Esa luz difusa puede enmascarar el débil brillo coronal, incluso a pesar de que estos instrumentos se diseñan cuidadosamente para minimizar la luz dispersada por los elementos ópticos del telescopio, lo que no es sencillo. Precisamente por eso los coronógrafos suelen bloquear la luz procedente de un área mayor que el disco, con lo que no permiten observar la zona más interior de la corona (interesante porque se cree que en la región poco más allá de unas décimas del radio solar se produce la aceleración primaria del viento solar), mientras que esto sí es posible durante los eclipses, especialmente en aquéllos en que la posición de la Luna es tal que su tamaño aparente es prácticamente idéntico al del Sol.

Aunque en la actualidad se dispone de imágenes prácticamente continuas de la corona solar en el ultravioleta (UV), rayos X o luz visible obtenidas por satélites fuera de nuestra atmósfera, los datos obtenidos durante los eclipses siguen siendo de interés, ya que permiten utilizar altos ritmos de adquisición de medidas y determinaciones muy precisas del tiempo, observar en longitudes de onda visibles e infrarrojas (no completamente cubiertas desde el espacio), o emplear técnicas de observación modernas o experimentales.

El estudio de la morfología de la corona simplemente a partir de imágenes de la misma proporciona valiosa información sobre la superficie del Sol y sus cambios globales, ya que las regiones activas tienen diferentes manifestaciones observables en las distintas capas de la atmósfera solar. Analizar de nuevo informes y documentos acerca de eclipses a lo largo de la Historia puede ayudar a comprender mejor las variaciones de la actividad solar en largas escalas de tiempo.

Además del innegable disfrute de la belleza de la corona, el estudio del Sol durante los eclipses totales ha permitido desde antiguo numerosos e importantes avances.

[1] Un coronógrafo es un telescopio especialmente diseñado para producir eclipses artificiales mediante la ocultación por un disco de la superficie brillante del Sol o de otras estrellas.

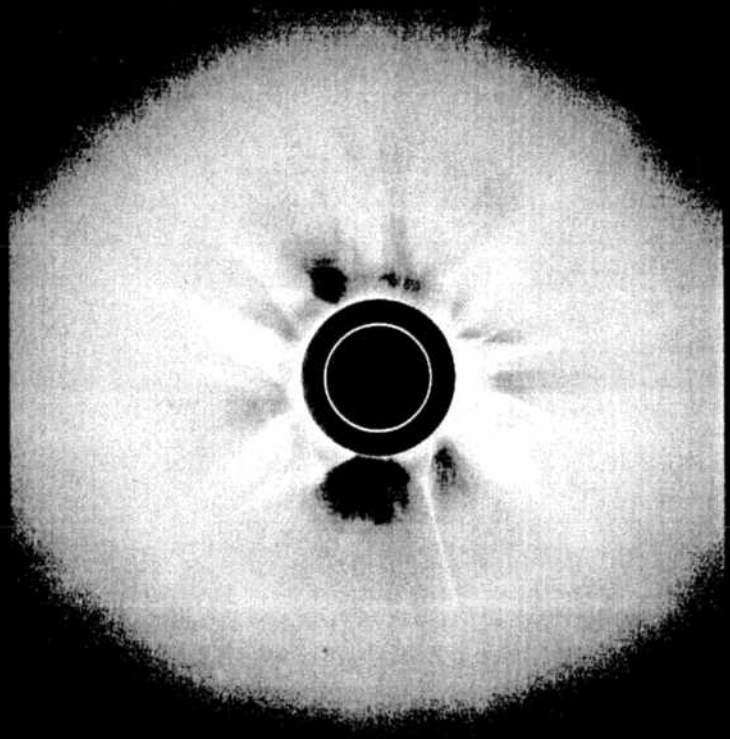
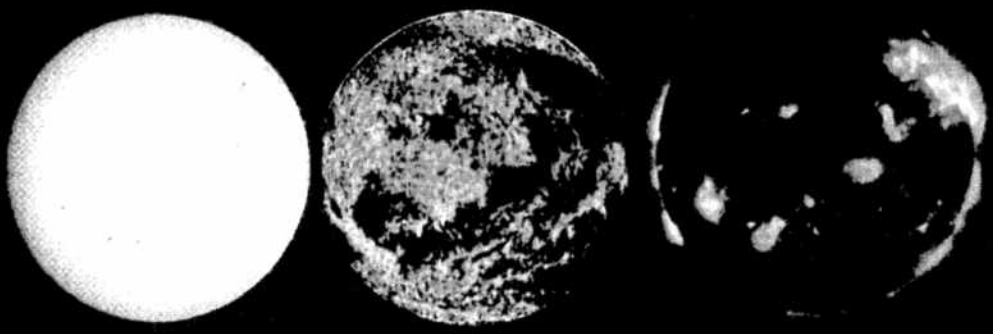


Imagen de la corona solar obtenida desde tierra a traves de un coronógrafo, un telescopio especialmente disenado para bloquear la luz procedente del disco solar y permitir asi la observación de la corona.
(Fotomontaje basado en una imagen de Johannes Dürst y Antoine Zelenka, Swiss Federal Observatory)



Estas tres imágenes muestran el aspecto del Sol en distintas alturas de su atmosfera. Como puede verse, las regiones activas no se localizan únicamente en una capa, sino que tienen distintas manifestaciones en la fotosfera, cromosfera y corona.
Fotomontaje basado en imágenes del National Solar Observatory - NSO- de USA (las dos primeras) y de L. Golub (la tercera).

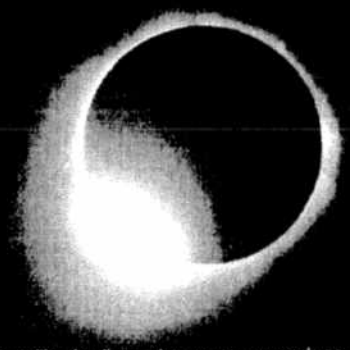
Eclipses y precisión

Ajustes del calendario y mejoras de las Efemérides:
Ya los antiguos griegos y romanos utilizaron referencias de fechas de eclipses para perfeccionar su calendario, además de registrar diversos fenómenos relacionados con estos espectaculares eventos astronómicos. Aún en nuestros días, el estudio de los eclipses permite mejorar las predicciones de las Efemérides astronómicas.

La forma de la Luna:
Con ocasión de un eclipse de Sol en 1836, el astrónomo británico F. Baily se percató de las irregularidades del borde lunar: los eclipses totales de Sol permiten determinar con precisión el relieve de la Luna. Llamamos *perlas de Baily* a la hermosa cadena de resplandores que se produce en los primeros segundos de un eclipse total cuando la última luz solar brilla a través de los valles lunares. Al desaparecer el último pedacito de fotosfera antes de la fase de totalidad, queda un único punto luminoso y se produce el efecto llamado *anillo de diamantes:* la corona interior rodeando al disco lunar y mostrando una brillante y blanca «joya de luz».

El diámetro del Sol y sus variaciones:
Otra utilidad no desdeñable de los eclipses totales de Sol es medir con precisión el diámetro solar y buscar posibles variaciones del mismo durante largos periodos de tiempo.

¿Cuánto degradan la atmósfera y el telescopio la calidad de una imagen solar?:
La atmósfera que nos permite respirar es también la pesadilla del astrónomo porque sus fluctuaciones y turbulencias empeoran la calidad de las imágenes con las que trabajamos (de igual modo que vemos temblar y deformarse las ruedas de los vehículos cuando los observamos a través de la capa de aire caliente cercana al asfalto). Para complicar más nuestra tarea, la imagen astronómica se ve también degradada a su paso por el telescopio y su instrumentación, ya que no existe ningun dispositivo óptico perfecto. Es de enorme interés tratar de estimar la llamada *función de transferencia óptica del sistema* que cuantifica la degradación de la imagen introducida por el sistema atmósfera + telescopio. Las fases de parcialidad de un eclipse de Sol son ocasiones privilegiadas para realizar este tipo de cálculos basándose en una idea sencilla: en ausencia de atmósfera y a través de un instrumento perfecto, el borde lunar debería tener la forma de un «escalón», es decir, un paso abrupto entre la oscuridad total y la luz de la zona del Sol observada. Sin embargo, la degradación atmosférica e instrumental convierte el perfil de la Luna en una curva mucho más suave, «emborronando» también la estructura fina (detalles) de la imagen. La comparación entre la forma del borde lunar medida y la supuesta teóricamente permite derivar la degradación sufrida por las imágenes tomadas en esos momentos. Una vez realizada la corrección, el resultado es un notable aumento de la definición y el contraste de manchas, granulación u otras estructuras solares observadas, con la consiguiente mejora de los resultados derivados de su análisis.

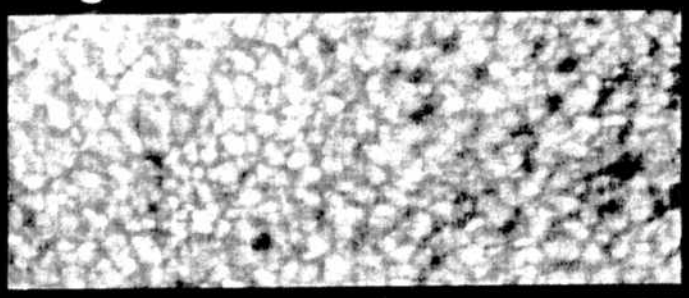


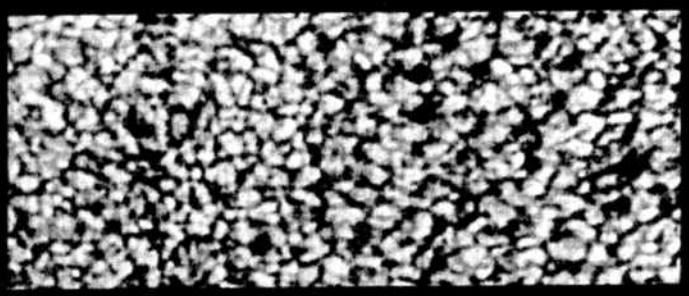
Efecto de anillo de diamantes, que se produce cuando, al desaparecer el último trocito de fotosfera, queda un único punto luminoso que semeja una brillante joya adornando la débil luz de la corona interior.

Al pasar por entre los valles del relieve lunar, los últimos rayos de sol producen la hermosa cadena de resplandores conocida como cuentas de Baily.

(Cortesía de Luis Chinarro)

Original





Restaurada

Las dos imágenes son, realmente, la misma: una región de la fotosfera solar en la que se observa la granulación. En la de arriba se aprecia la degradación causada por la atmósfera y el telescopio: pérdida de contraste y nitidez, deformaciones de las estructuras granulares, emborronamiento... Estos efectos fueron estimados a partir de imágenes simultáneas del borde lunar tomadas durante el eclipse del 30 de mayo de 1984. Una vez corregidos, se obtiene la imagen inferior, de calidad sensiblemente superior.

(Cortesía del Dr. M. Collados Vera)

La hermosa y dinámica corona

¡La corona pertenece a la atmósfera solar!:
Hasta el siglo XIX se creía que la corona estaba asociada a la atmósfera terrestre o a una presunta atmósfera lunar. Parece que fue el español José Joaquín de Ferrer quien, observando un eclipse total desde Nueva York en 1806, dio a la corona su nombre y propuso que, debido a su gran tamaño, debía formar parte del Sol y no de la Luna. El hecho de que las protuberancias y toda la corona son parte de la atmósfera solar fue confirmado por otros astrónomos durante sucesivos eclipses (por ejemplo, F. Baily en 1842; Grant, Swan y von Littrow en 1851; De la Rue y Secchi en 1860; Janssen y Lockyer en 1868; Janssen en 1871).

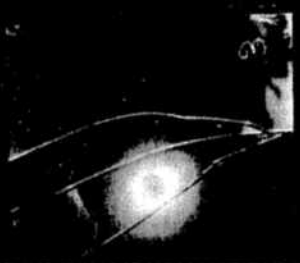
Fotografías de la corona solar:
En 1851 se obtuvo en Prusia el primer daguerrotipo[1] de un eclipse total de Sol. Nueve años más tarde, las primeras placas fotográficas de un eclipse, tomadas desde lugares alejados 500 kilómetros, sirvieron a De La Rue y Secchi para demostrar que las protuberancias eran realmente de origen solar, ya que aparecían con el mismo aspecto y en idéntica posición en ambas imágenes.

La corona también varía durante el ciclo solar:
El fuerte contraste entre la corona redondeada, simétrica, observada durante el eclipse de 1871 (en el máximo de actividad solar) y la corona muy alargada en la dirección del ecuador solar durante el eclipse de 1878, en época de mínima actividad, permitió establecer la relación entre las variaciones de forma y aspecto de la corona y el ciclo solar.

La corona es esencialmente magnética:
Las observaciones realizadas durante los eclipses de 1878 y 1911 proporcionaron la base de nuestro conocimiento de la corona: la forma de los chorros magnéticos recuerda las líneas de campo magnético. De hecho, hoy creemos que las estructuras básicas de la corona son los lazos de campo y que éste es el que controla completamente la estructura y la dinámica de la corona solar.

[1] Se denomina daguerrotipo a la primera forma de fotografía obtenida con éxito por L.J. Daguerre (de ahí el nombre) hacia 1830, al aparato empleado y al procedimiento utilizado. Éste consistía en exponer a la luz en una cámara oscura una plancha de cobre con el tratamiento químico adecuado, en la que quedaba impresionada la imagen de forma permanente.

Imagen de la corona solar obtenida en placa fotografica durante el eclipse del 21 de diciembre de 1889.
Lick Observatory Plate Archive. Mt. Hamilton. Copyright University of California at Santa Cruz



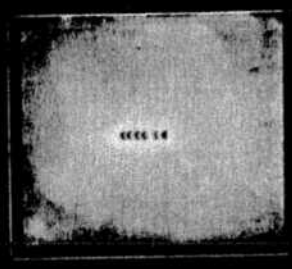
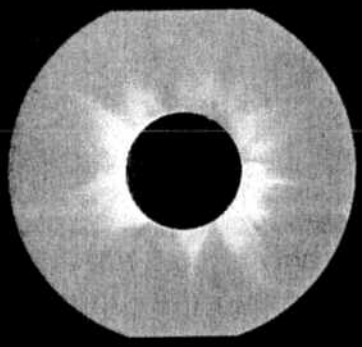
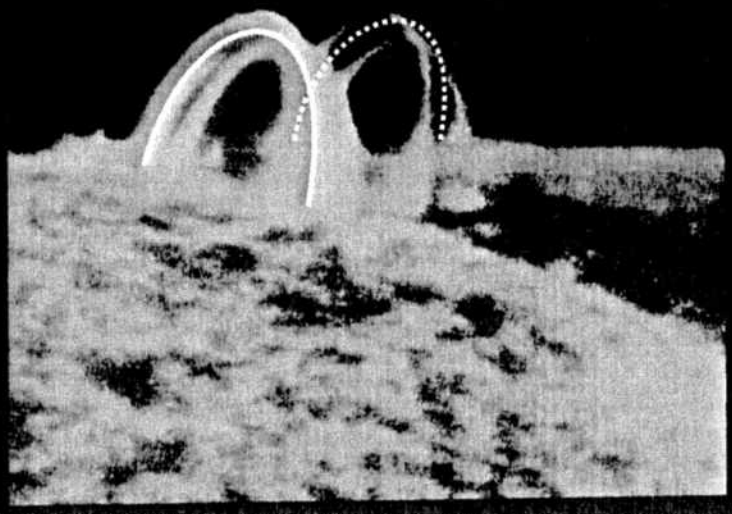


Imagen de la corona solar obtenida en placa fotografica durante el eclipse del 21 de junio de 1889.
Lick Observatory Plate Archive. Mt Hamilton. Copyright University of California at Santa Cruz



El aspecto de la corona cambia drasticamente durante el ciclo de actividad solar. Estas dos imágenes tan distintas han sido obtenidas en dos momentos diferentes del ciclo: en época de máxima actividad (1980, izquierda) la corona aparece más redondeada y simétrica: en momentos de mínima actividad (1988, derecha) se observa muy alargada en la direccion del ecuador solar.
(Cortesia del Archivo del High Altitude Observatory, National Center Center for Atmospheric Research de Boulder -Colorado- en USA)

Parece que los lazos de campo magnético son los bloques basicos constituyentes de la corona solar, cuya estructura y dinamica es controlada esencialmente por dicho campo. Los chorros coronales de la imagen se curvan sobre si mismos siguiendo las lineas de fuerza magnetica.



Shelios

La enigmática y caliente corona

Un nuevo elemento químico:
Durante un eclipse en 1868, Janssen detectó en el *espectro*[1] de la corona solar una *línea de emisión*[2] nueva hasta entonces. En 1900 Ramsey mostró que procedía de un elemento químico desconocido en Tierra al que se denominó *helio* (el Sol para los griegos).

¡La corona está muy caliente!:
En 1869 se observaron más líneas desconocidas en espectros de la corona, que se atribuyeron a un nuevo elemento, el *coronio*. Sin embargo, hacia finales de los años 30, Grotrian descartó definitivamente esa idea demostrando que se trataba de líneas producidas por la presencia en la corona de hierro a una temperatura altísima[3] (tanto que sus átomos pueden llegar a perder hasta 13 electrones de su corteza, lo que sólo es posible si la corona está a más de un millón de grados).

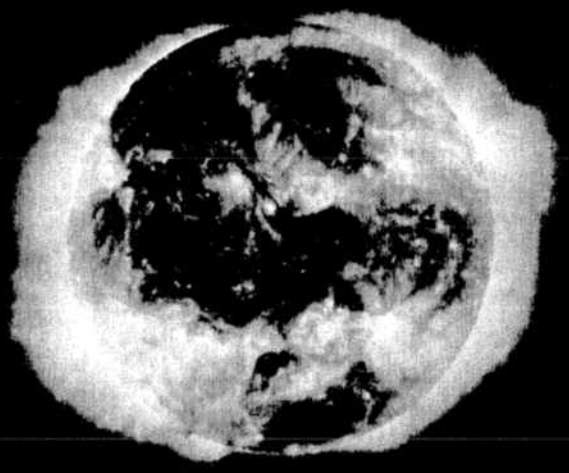
Debido a su alta temperatura, el plasma coronal emite luz en los rangos más energéticos del espectro: rayos UV y X. Afortunadamente, la atmósfera terrestre nos protege de esta radiación que podría ser letal para los seres vivos. Fuera de la atmósfera, los instrumentos a bordo de satélites artificiales pueden captar imágenes UV y X muy espectaculares de la corona completa, es decir, no sólo alrededor del disco (como las que se obtienen con un coronógrafo o durante un eclipse) sino también por delante del mismo.

[1] Se llama espectro de la luz emitida por un objeto a la descomposición de la misma en sus «colores» o, equivalentemente, en sus longitudes de onda. El espectro abarca los colores visibles, del rojo al violeta, y los «invisibles», que corresponden a las ondas de radio, microondas e infrarrojo (IR), con mayor longitud de onda que el rojo, y rayos ultravioleta (UV), X y gamma, con menor longitud de onda que el violeta.

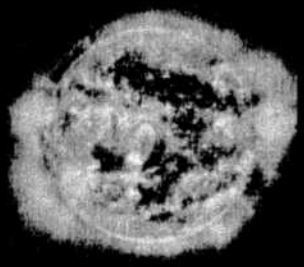
[2] En ciertos «colores» muy concretos del espectro se ven a veces abrillantamientos denominados líneas de emisión. Se deben a procesos que tienen lugar en los átomos de determinados elementos químicos, denotando la presencia de éstos en la atmósfera del objeto luminoso. Las mismas líneas se observan a veces oscuras, en absorción, dependiendo de cómo varíe hacia el exterior la temperatura de la capa emisora: si disminuye se observan líneas de absorción; si aumenta, líneas de emisión.

[3] La temperatura de un cuerpo, algo medible a escala macroscópica, es una indicación del movimiento de agitación de sus partículas a escala microscópica. A más de 1 millón de grados, los electrones y protones de la corona se mueven a velocidades enormes. Sin embargo, la cantidad de calor que podrían transmitir a otro cuerpo es muy pequeña ya que la densidad es muy baja: en la base de la corona, sólo hay unos 1.000 millones de partículas en cada centímetro cúbico. Aunque este número parezca grande, habría que añadirle 10 ceros para obtener la densidad normal de partículas en la atmósfera de la Tierra. La temperatura y densidad de la corona van disminuyendo al alejarse del Sol de modo que, a la distancia de la órbita terrestre, la temperatura es de unos 100.000 grados pero, como hay tan sólo 5 electrones y 5 protones por centímetro cúbico, el calor comunicado a cualquier cuerpo (por ejemplo, un satélite artificial) es absolutamente despreciable.

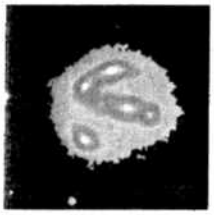
A las altas temperaturas coronales, el plasma emite radiación ultravioleta que no alcanza la superficie terrestre, por lo que es detectada mediante instrumentos a bordo de satélites artificiales. Esta imagen UV de la corona fue obtenida por EIT (Extreme Ultraviolet Imaging Telescope) de SOHO (SOlar and Heliospheric Observatory) el 14 de octubre de 1998.
(Cortesía del Archivo de SOHO)

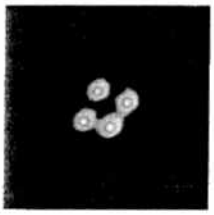


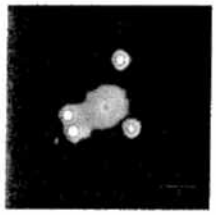
La corona solar también emite en rayos X, aún más energéticos que la radiación UV. La imagen fue captada por el satélite japonés Yohkoh el 1 de agosto de 2000.
Cortesía del Archivo de Yohkoh



Eclipses y Relatividad General







Imagenes de lentes gravitatorias cortesía del Proyecto CASTLE (cfa-www.harvard.edu/glensdata)

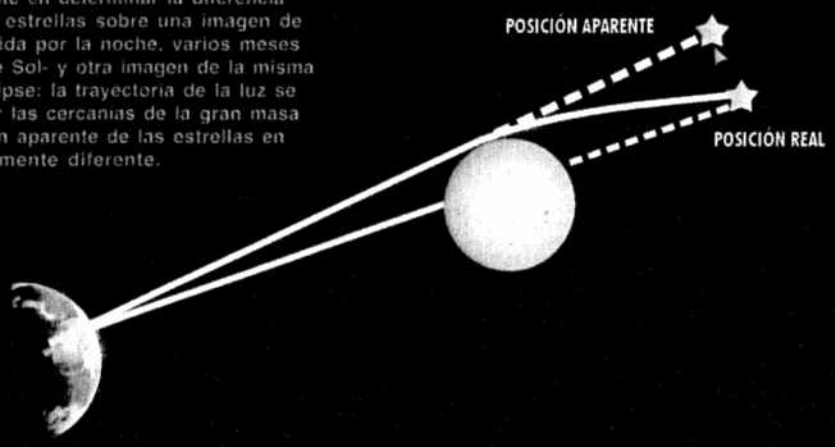
En 1911, A. Einstein propuso por primera vez, en el marco de su *Teoría General de la Relatividad* (publicada en forma más completa en 1916), que el campo de gravedad causado por la presencia de objetos muy masivos produce una curvatura del espacio y, por tanto, también de la trayectoria de la luz que viaja por sus proximidades. Predijo que este efecto debería ser observable comparando la posición del máximo número posible de estrellas en fotografías obtenidas durante un eclipse total de Sol (momento en que la luz de las estrellas se desvía al pasar cerca de la gran masa solar) y en imágenes tomadas, por ejemplo, 6 meses antes o después, cuando el Sol no está en esa parte del cielo. Ahora bien, el efecto era muy sutil ya que el máximo desplazamiento esperado para la posición aparente de una estrella -que se produce cuando la trayectoria curvada de su luz pasa justamente rozando el borde solar, con la estrella situada realmente detrás del Sol-, es de menos de 5 diezmillonésimas de grado[1].

Probablemente el más famoso eclipse en la historia de la Ciencia fue el del 29 de mayo de 1919, fecha en la que A. Eddington y colaboradores británicos se desplazaron a dos lugares de observación, en Sudamérica (Brasil) y África (Isla Príncipe), con objeto de confirmar la predicción de Einstein midiendo la posición de las Hyades y comparándola con la determinada previamente en fotografías nocturnas. El experimento fue un éxito: los resultados favorables anunciados el 8 de noviembre de aquel año en Londres consolidaron la nueva teoría de la gravitación de Einstein frente a la de Newton. El 21 de septiembre de 1921, las observaciones de otro eclipse llevadas a cabo por un equipo norteamericano en Australia afianzaron más aún la revolucionaria idea de Einstein que, posteriormente, se ha visto confirmada por medidas radioastronómicas y por los recientes mapas del satélite Hipparcos.

[1] Suele imaginarse la bóveda celeste como una gran esfera; una circunferencia máxima a su alrededor es un arco de 360 grados, siendo el grado una unidad de medida de ángulos que se divide en 60 minutos de arco y cada uno de éstos, a su vez, en 60 segundos de arco. Por ejemplo, 1 segundo de arco es el tamaño aparente de una lenteja vista a 1 km de distancia; el diámetro aparente del disco solar sobre el cielo es de algo más de medio grado, unos 1.920 segundos de arco. Así que el máximo desplazamiento predicho por la Teoría General de la Relatividad para la posición de una estrella es algo tan pequeño como 0,000486 grados, o 1,75 segundos de arco.

Sin duda el más famoso eclipse en la historia de la Ciencia fue el de; 29 de mayo de 1919. A. Eddington y varios colaboradores británicos se desplazaron a Brasil y Sudamérica para intentar con sus datos confirmar las predicciones hechas por A. Einstein en el marco de su Teoría de la Relatividad General. El experimento fue un exito y sirvió para consolidar la revolucionaria teoría.

El experimento cuyo nombre técnico es estudio de la deflexión gravitacional de la luz consiste en determinar la diferencia entre la posición de varias estrellas sobre una imagen de una región del cielo -obtenida por la noche, varios meses antes de un eclipse total de Sol- y otra imagen de la misma zona tomada durante el eclipse: la trayectoria de la luz se curva cuando ésta pasa por las cercanías de la gran masa solar, por lo que la posición aparente de las estrellas en ambas imágenes es ligeramente diferente.



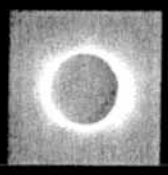
Luz polarizada

Casi todo el brillo de la corona en luz visible es «prestado»: procede, en su mayor parte, de luz generada en la fotosfera (la superficie visible del Sol, correspondiente a los últimos 500 kilómetros de su radio, que es la primera capa de la atmósfera solar), dispersada por el material coronal. Parte de esta luz interacciona con los electrones libres de la corona (recordemos que está muy caliente y, por tanto, la materia muy ionizada) y es reemitida en todas direcciones con un cierto grado de *polarización*[1] mediante un fenómeno físico llamado *dispersión Thomson*. La componente de luz polarizada de la corona recibe el nombre de *corona K*, del alemán, 'kontinuum'. Otra parte de la luz de la fotosfera es dispersada por partículas de polvo del medio interplanetario que se encuentran alrededor del Sol. En este caso, el proceso no produce polarización y la componente de luz no polarizada de la corona se llama *corona F*, del nombre del científico alemán Fraunhoffer. La corona en luz visible que se observa, por ejemplo, durante un eclipse es siempre una mezcla de estas dos componentes.

Para avanzar en el conocimiento de una capa tan dinámica y compleja como la corona solar es necesario realizar simulaciones numéricas y elaborar modelos de su estructura, funcionamiento y evolución cada vez más precisos. Si se consigue aislar la componente K de la corona es posible obtener estimaciones precisas de dos parámetros esenciales para la elaboración de tales modelos: la *densidad de electrones* en el plasma coronal y el *grado de polarización* de la luz.

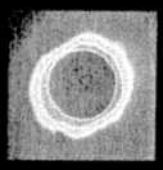
Para separar la corona K de la corona F es útil obtener imágenes de la luz coronal a través de un *polarizador lineal* (P.L., un elemento óptico capaz de polarizar la luz o de seleccionar luz de una cierta polarización, que se utiliza a menudo en fotografía para eliminar reflejos) colocado con diferentes orientaciones. Un tratamiento de los datos no excesivamente complejo permite la separación deseada a partir de combinaciones adecuadas de tales imágenes.

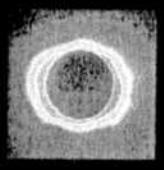
[1] Además del color (relacionado con la longitud de onda) y la intensidad (relacionada con la amplitud de la onda o la energía que transporta), la luz tiene una propiedad fundamental llamada polarización. Como cualquier onda EM, la luz supone variaciones de los campos eléctricos y magnéticos, cantidades físicas vectoriales, es decir, que pueden ser representadas por una «flecha» o vector, caracterizado por su magnitud (longitud) y su orientación (dirección hacia la que apunta). La posición del extremo de estos vectores varía en cada punto e instante ejecutando un movimiento descrito por una curva. Cuando éste es ordenado se dice que la onda está polarizada: si la curva es una circunferencia que, a lo largo del tiempo, se «estira» en forma de hélice, la onda será circularmente polarizada; si la curva es una oscilación (aumento y disminución) de la magnitud del vector, pero éste permanece en un plano fijo, la onda será linealmente polarizada; por el contrario, si el extremo del vector se mueve de forma desordenada, la luz será no polarizada. El grado de polarización de una onda EM da cuenta de la proporción de luz polarizada (variación ordenada de los campos eléctrico y magnético de la onda) frente a luz no polarizada o al total.

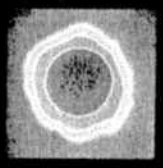


La radiación visible emitida por la corona es una mezcla de luz polarizada (corona K) y no polarizada (corona F). Si se hace pasar la luz coronal a través de un polarizador lineal y se obtienen imágenes para distintas orientaciones del mismo, el aspecto de la corona es bastante diferente, como puede verse en la ilustración. Las tres imágenes inferiores son las mismas de arriba en falso color para acentuar las diferencias. Combinándolas es posible separar las componentes K y F de la corona. Las observaciones realizadas por el equipo científico de la expedición Shelios99 consistieron precisamente en llevar a cabo este experimento polarimétrico.

(Shelios)







Shelios

¡Todos de acuerdo para observar la corona desde la Tierra y el espacio!

En la actualidad el máximo interés de los estudios de la corona radica en coordinar observaciones realizadas desde Tierra con las obtenidas por satélites espaciales, algo impensable hace sólo unas décadas.

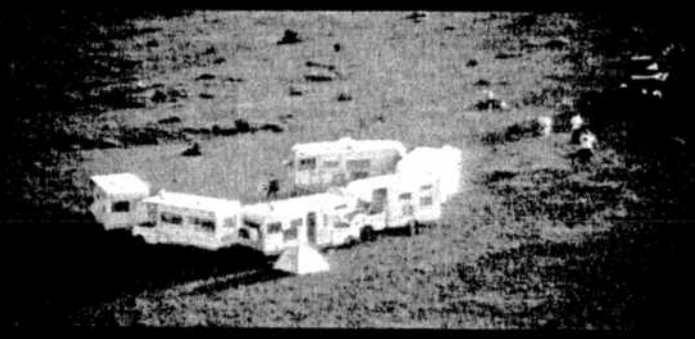
Un buen ejemplo de este fructífero acuerdo ha sido la Red Trans-Europea de Observaciones de la Corona TECONet99 (*Trans European Coronal Observing Network*), una iniciativa de JOSO (*Joint Organization for Solar Observations*, es decir, Organización Conjunta para las Observaciones Solares) con motivo del eclipse total de Sol del 11 de agosto de 1999. La red, que contó con cerca de 30 grupos de observadores -entre los cuales ha estado el equipo científico de la expedición Shelios'99- repartidos a lo largo de toda la banda de totalidad, presentó además una propuesta de observaciones conjuntas con los instrumentos EIT y LASCO a bordo del satélite SOHO[1]. Contar con observaciones tomadas desde diferentes lugares ha supuesto dos importantes ventajas: por una parte, aunque casi el 50% de los grupos tuvo problemas con las condiciones climatologicas o los equipos técnicos (¡afortunadamente no fue ese nuestro caso, después de todo!), la cantidad y calidad de datos disponibles finalmente es notable. Por otra parte, la cobertura espacial de las observaciones útiles, desde Inglaterra a Irán, permitirá realizar en un futuro próximo estudios de la dinámica de la corona, ya que se reproduce más de una hora y cuarenta minutos de datos, en lugar de los dos minutos y pocos segundos de duración de la totalidad en una localización dada.

Todos los grupos realizaron observaciones polarimétricas de la corona con una instrumentación similar sugerida por la organización: una cámara fotográfica o digital acoplada a un objetivo o telescopio y un polarizador lineal, con el adecuado seguimiento. El equipo de Shelios'99 utilizó una cámara digital de lectura rápida, un teleobjetivo de 200 mm de distancia focal y un P.L. de buena calidad óptica, ensamblados juntos sobre un telescopio portátil que actuó de soporte y seguimiento[2].

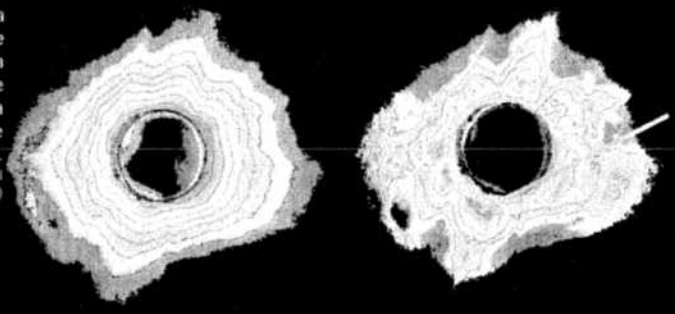
[1] SOHO son las siglas del satélite SOlar and Heliospheric Observatory, un proyecto conjunto de las agencias espaciales europea (ESA, European Space Agency) y americana (NASA, National Aeronautics and Space Administration). A bordo de SOHO viajan numerosos instrumentos útiles para la observación solar. De hecho el Instituto de Astrofísica de Canarias colaboró en el diseño y construcción de dos de ellos: VIRGO (Variability of Solar Irradiance and Gravity Oscillations), dedicado al estudio de la variabilidad de la irradiancia solar y las ondas de gravedad, y GOLF (Global Oscillations at Low Frequencies), para el estudio de oscilaciones globales de baja frecuencia. Entre los experimentos de SOHO se encuentran, además, el telescopio EIT (Extreme Ultraviolet Imaging Telescope), un telescopio para obtener imágenes del Sol en radiación ultravioleta extrema, de muy corta longitud de onda, y el coronógrafo LASCO (Large Angle Spectroscopic Coronagraph, es decir, coronógrafo espectroscópico de gran ángulo).

[2] Para los interesados en datos técnicos: la cámara utilizada fue una PULNIX TM-765 con 765x581 puntos de imagen de 11 micras de tamaño, tiempo de exposición variable (1/60 segundos máximo) y 8 bits de digitalización; la lectura del detector fue controlada por un programa diseñado y realizado en el IAC, mediante un ordenador personal sencillo con una placa digitalizadora. El teleobjetivo elegido fue un Zeiss de 200 mm de focal, con luminosidad máxima 3.8; el polarizador lineal, un Schneider Top-Pol, de 67 mm de diámetro (como el objetivo). De este modo la imagen del Sol obtenida ocupaba aproximadamente un 25% del campo de visión, permitiendo detectar la luz de la corona hasta unos 3 radios solares, con una resolución del orden de 12 segundos de arco por punto de imagen.

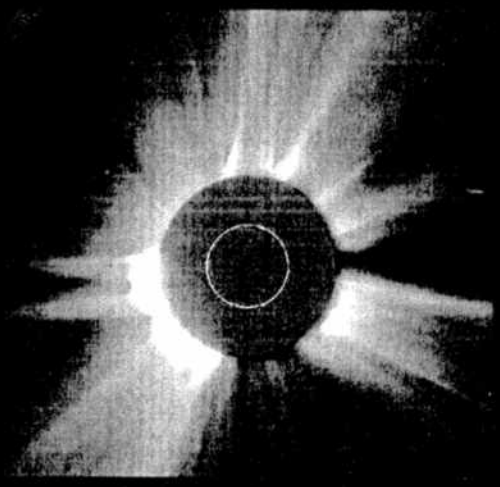
Aspecto del campamento e instrumentos de observación de la expedición Shelios 99 la mañana del 11 de agosto de 1999 en unas colinas cercanas a Kastamonu.

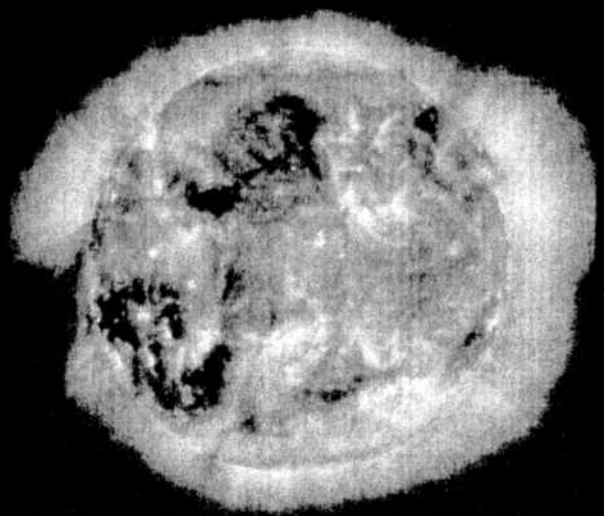


Separación preliminar de la llamada corona K, la componente de luz polarizada. La corona muestra un aspecto bastante simétrico como corresponde a una época cercana al máximo de actividad del ciclo solar.
(Cortesía de los Drs. F. Clette y J. R. Gabryl, del Observatoire Royal de Belgica)



Una vez separada la corona K es posible estimar el grado de polarización de la luz. En la imagen el máximo grado se muestra en color rojo y corresponde a un gran chorro de materia coronal visible cerca del polo Sur del Sol.
(Cortesía de los Drs. F. Clette y J.-R. Gabryl, del Observatoire Royal de Belgica)





Mientras media Europa miraba hacia el Sol, los instrumentos LASCO y EIT a bordo de SOHO obtenían también imágenes de la corona... sin necesidad de eclipse. Las observaciones coordinadas desde Tierra y desde satélites espaciales constituyen, hoy en día, un atractivo reto en estudios coronales.
(Cortesía del Archivo de SOHO)

Ciencia bajo la sombra de la Luna

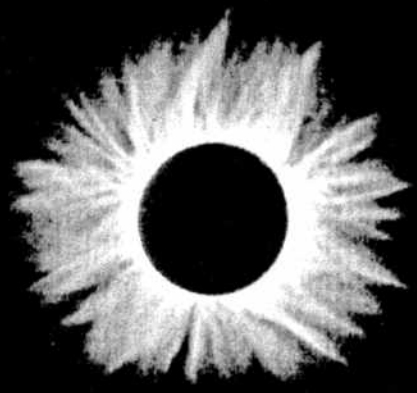
Conviene recordar aquí que el retorno de todo trabajo de investigación es, a menudo, tortuoso y lento y que, especialmente en nuestros días, implíca necesariamente la colaboración y discusión con otros colegas. Es preciso tener un poco de paciencia y no siempre los resultados son espectaculares (periodísticamente hablando...) ni su «rendimiento» inmediato. De modo que, por el momento, los resultados científicos disponibles son preliminares. De ellos apuntamos solamente, en la figura, la descripción morfológica de la corona visible durante el último eclipse, omitiendo otros demasiado técnicos.

En cualquier caso, podemos asegurar que hemos gozado con entusiasmo el hermoso regalo que la Naturaleza nos ofreció el 11 de agosto de 1999, que una parte de nuestra curiosidad se ha visto ya satisfecha y que haber aportado nuestro granito de arena al mejor conocimiento de la corona, del Sol en general y de su influencia en la Tierra, nos produce un sano orgullo.

En definitiva, preguntarnos cómo «funciona» nuestro Universo y tratar de encontrar por nosotros mismos una respuesta racional lejos de dogmatismos y supersticiones, nos hace sentirnos profundamente humanos. Ésa es la grandeza de la Ciencia que respetamos y a la que dedicamos nuestro esfuerzo, en este caso, *bajo la sombra de la Luna.*

La imagen muestra la intensidad total de la corona en luz blanca obtenida a partir de fotografías tomadas el 11 de agosto de 1999. El Dr. F. Clette, coordinador de la red TECONet99 ha proporcionado la descripción de las estructuras visibles que se presentan en la figura.
(Cortesía del Dr. F. Clette del Observatoire Royal de Bélgica. Composición realizada por Gotzon Cañada)

Esta espectacular imagen de la corona, en la que se aprecian multitud de detalles de su estructura, es resultado de la combinación y tratamiento digital de muchas fotografías obtenidas por el equipo de Shelios99. Aunque no es comparable con la emoción de vivirlo en directo, ¡disfruten contemplándola!



Shelios