

las ideas del doctor escocés respecto á la constitución de las manchas, entre ellos Lalande, que suponía que eran montañas, presentando las objeciones siguientes: que en varios casos no se había verificado la ley de Wilson; que otras veces se habían observado fenómenos completamente opuestos. A estas objeciones contestó Wilson victoriosamente; pero su respuesta está tan ligada con la teoría que lleva su nombre, sobre la constitución física del Sol, que no podemos presentarla aquí; nos ocuparemos más adelante de este asunto.

Los astrónomos posteriores á Wilson han observado muchas veces la forma de las manchas, y según los trabajos de Balfour-Stewart, de la Rue, de Secchi, de Lockyer y de Tacchini, de cada 100 manchas, 86 presentan el aspecto descrito por Wilson. Otro

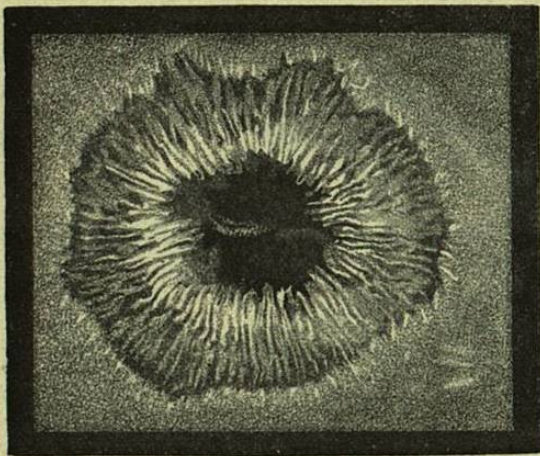


Fig. 31. - Radiaciones y corrientes de la penumbra

medio ideado por de la Rue para demostrar que las manchas son depresiones de la fotosfera, consiste en obtener dos fotografías del Sol, con un día de intervalo, en cuyo período todos los puntos de su superficie han descrito un arco de 15° ; y colocándolas en un estereoscopio, se distingue perfectamente la forma cónica de la mancha, el núcleo en el fondo y la penumbra formando la escarpa ó declivio. El P. Secchi se ocupó de un modo particular de este estudio, y comprobó la exactitud de las observaciones de Wilson; el 8 de julio de 1873 observó una gran mancha, que produjo en el contorno solar una depresión de 8 segundos. Para producirla de 1, necesitan tener 3 grados de diámetro, y á pesar de esta dimensión enorme, no sería visible la excavación; por otra parte, los montículos ó excrescencias originadas por las fáculas ocultan también la cavidad. Dice el P. Secchi que, para poder observarlas fácilmente, es necesario que la mancha que las produzca mida, al estar en el centro del disco del Sol, de 11 á 12 grados, que á nuestra vista serían $3' 20''$, y en este caso, la cavidad tendría unos 5 segundos; siempre que se presenta una mancha de estas dimensiones, se ha observado una depresión al estar en el borde; es verdad que este efecto pudiera ser producido por una ilusión óptica, debida á un contraste de luz entre la región ocupada por la mancha y el resto de la fotosfera; pero á esto contesta el P. Secchi que no hay que suponer que la cavidad esté vacía de toda materia, y que con la palabra *cavidad* sólo se quiere significar que, dentro de las manchas, el nivel de la parte brillante es más bajo que el de la fotosfera, y que la falta de luz que se nota cuando la mancha llega al borde, no prueba nada en contra de esta hipótesis. Suponía Wilson que la

materia que constituye la fotosfera es semejante á la de las nubes, si bien de mayor densidad, y que precipitándose en el interior de estos abismos, daba lugar á la formación de los declivos y taludes, dotados desde luego de menor poder luminoso que la superficie, pero de más brillo que el núcleo ó parte central: hecho comprobado por gran número de observaciones modernas. El padre Secchi, sin embargo, no cree que la inclinación del talud basta para explicar la menor intensidad luminosa de la penumbra.

Para estudiar ventajosamente la estructura interior de las manchas, conviene fijarse en una que se haya generado en lo que pudiéramos llamar período de



Fig. 32. - Gran mancha solar, el 10 de febrero de 1892. (Dibujo de E. Fontseré.)
(Boletín de la Sociedad Astronómica de Francia.)

tranquilidad, pues entonces se presentan redondas ú ovaladas, conservándose así por algún tiempo, hasta que desaparecen arrastradas por el movimiento de rotación del Sol, ó bien se fraccionan y disuelven antes de llegar á los bordes. Dawes observó que en el interior del núcleo de las manchas regularmente formadas había una región más oscura, y valiéndose de un ocular de su invención, que excluía toda luz extraña, no sólo de la fotosfera, sino también de la penumbra, notó que el núcleo no era completamente negro, ni su oscuridad uniforme, y que presentaba un escaso brillo en las inmediaciones de la penumbra, debido tal vez á la reflexión de la luz de las capas brillantes que la rodeaban; en todas las manchas regulares ó simétricas, la *umbra* parece perforada en su centro por un agujero completamente negro, que es el que hay que considerar como verdadero núcleo. De otro lado, si se compara el núcleo con un planeta que se pro-

yecte sobre el disco solar, como en un paso de Mercurio ó de Venus, por ejemplo, se observa que la diferencia de tono ó color entre la mancha y el planeta es muy grande, y que el núcleo siempre es algo menos negro; si se examina el fondo del cielo á corta distancia del disco solar, donde aún llegue su atmósfera, se reconoce fácilmente que es más negro que el interior de las manchas. Galileo creía que la luz del núcleo, vista en la oscuridad, nos produciría la misma impresión que una parte de igual superficie de la fotosfera. El Director del Observatorio de Alleghany S. P. Langley, uno de los astrónomos más distinguidos de la América del Norte, ha hecho estudios comparativos sobre la canti-

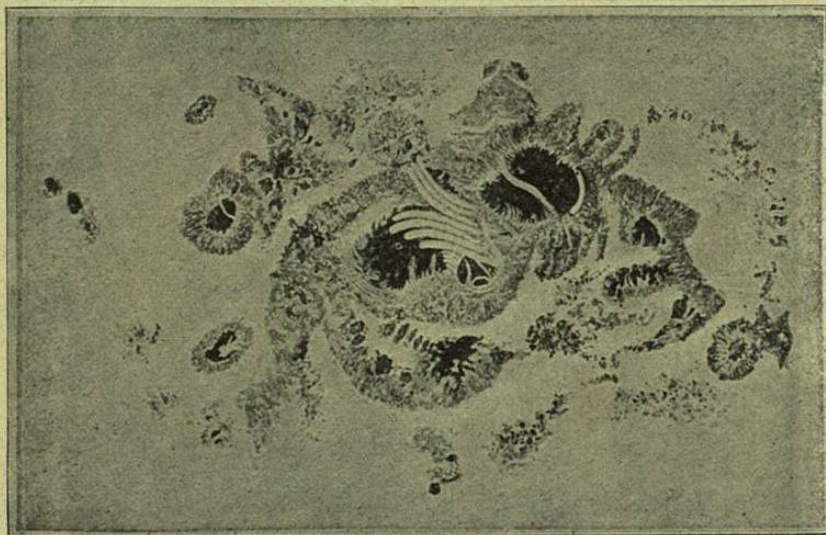


Fig. 33. - Gran mancha solar, 12 de febrero de 1892. (Dibujo de J. Comas.)
(Boletín de la Sociedad Astronómica de Francia.)

dad de luz emitida por diferentes puntos del disco solar, deduciendo que las manchas son mucho más brillantes de lo que se cree por lo general; el núcleo más oscuro tiene aún una potencia luminosa 5.000 ó 10.000 veces superior á la de la Luna llena. Debemos suponer, pues, que en el interior de estas cavernas hay nubes ó vapores de distintas densidades.

Las manchas circulares presentan menos cambios que las que provienen de formaciones rápidas, pero también se observan á veces grandes trastornos en su interior; con instrumentos poderosos ha podido estudiar el P. Secchi que todas las variaciones están producidas por las masas fotoesféricas que se precipitan en su interior, y por las corrientes de la penumbra, que á cada instante modifican su forma y aspecto. Las manchas que se desarrollan de improviso tienen una existencia muy corta; pueden ser superficiales, ó producidas por las fuerzas internas del Sol, en cuyo caso suelen durar más tiempo, pero sufriendo grandísimas perturbaciones y manifestando distintos períodos de actividad; hasta tal

extremo, que algunas que parecían desvanecerse han adquirido repentinamente grandes dimensiones, cambiando por lo general de situación. Hemos dicho ya que hay manchas que duran cuatro ó cinco revoluciones del Sol, y sucede á veces también que se forman otras nuevas en el mismo lugar ocupado por las que han desaparecido poco tiempo antes; estos fenómenos fueron observados por Cassini y Lalande en tiempos atrás, y por Carrington, Secchi y otros astrónomos en nuestros días.

La división ó segmentación de las manchas puede ser real ó aparente: en



Fig. 34. - Gran mancha solar, el 13 de febrero de 1892. Detalles de la masa de materia brillante que separa los dos núcleos principales. (Dibujo de E. Fontseré.)
(Boletín de la Sociedad Astronómica de Francia.)

el primer caso, se debe á la invasión de la materia luminosa, que separa el núcleo en varias partes; y en el segundo, á la aparición de un nuevo núcleo, que puede formarse en la proximidad de una mancha anterior. Los puentes que á veces se extienden de un lado á otro de la penumbra están dotados de un brillo igual al de la fotosfera, lo que demuestra que se hallan verdaderamente suspendidos sobre los cráteres ó cavidades. Generalmente, antes de desaparecer, disminuyen las dimensiones de las manchas, los núcleos se dividen ó se hacen cada vez más pequeños, hasta que, convertidos en puntos, llegan á ser invisibles, en lo cual se diferencian grandemente de los ciclones, que al ensancharse decrecen en intensidad, desapareciendo al confundirse con la masa de aire que los envuelve.

Si nos fijamos en la fig. 31, observaremos que la penumbra ocupa una extensión casi igual á la tercera parte de la mancha completa, y que ofrece un aspecto radiado irregular, semejante á torrentes que se precipitasen hacia el fondo de la cavidad; á medida que estas líneas ó radios se alejan de los bordes, presentan un brillo más considerable, y parecen menos condensadas y luminosas en la parte exterior de la penumbra, es decir, al arrancar de la fotosfera; mientras que en el interior, como observaron Herschel, Capocci y otros, se afilan y aguzan, aumentando su brillantez, hasta formar una especie de anillo que en nada cede al resplandor del resto de la superficie solar. Faye, astrónomo francés, ha puesto en duda este hecho observado por Secchi; pero el sabio jesuíta sostiene su afirmación, y aduce como prueba á su favor que, en la mayor parte de los dibujos de manchas efectuados por varios observadores, se encuentra representado el anillo luminoso, sin que á nadie se haya ocurrido interpretarlo, ni fijarse en esta particularidad. A veces, también se nota en la penumbra un tinte opaco uniforme, sobre el cual se destacan, como puntos brillantes, las porciones de materia que en el ejemplo anterior formaban los radios ó corrientes luminosas de la fotosfera, y que en las manchas de grandes dimensiones y de formas irregulares se sueldan ó agregan unas á otras, hasta constituir una especie de



Fig. 35. - Mancha ciclónica observada por el P. Secchi el 5 de mayo de 1857

cadena de espesor desigual, que atraviesa la cavidad en distintos sentidos (figura 32). Estos detalles y particularidades pueden verse perfectamente, en las figuras 32, 33 y 34, debidas á los astrónomos de Barcelona Sres. Fontseré y Comas. Representan una gran mancha solar, observada durante varios días del mes de Febrero de 1892. En la fig. 33 se distinguen las lenguas brillantes, sobre el núcleo obscuro, formando las corrientes luminosas de que hemos hablado, y en la fig. 34 aparecen las radiaciones con gran detalle, encorvándose hacia los núcleos á que cada una pertenece y modificándose en breve tiempo, como si la materia de que se componen fuese fluida y se deslizase á través de un medio de distinta naturaleza. Parece evidente que están animadas de un movimiento giratorio, como los torbellinos y tornados terrestres, con velocidades de 20, 30 y aun 40 leguas por segundo.

La fig. 35 representa un dibujo del P. Secchi de una mancha solar, en la que se distingue con toda claridad el movimiento espiral de la penumbra, más visible aún y en escala grandiosa en la fig. 37, que es una reproducción de la gigantesca mancha solar observada y dibujada por el Sr. Landerer el 8 de febrero de 1892. Esta mancha medía 115" de diámetro y era cerca de siete veces ma-

yor que la Tierra. Todas las corrientes de la penumbra se encuentran retorcidas é inclinadas hacia el centro, distinguiéndose un gancho de materia luminosa sobre el fondo negro del núcleo. Parece, pues, que en el centro de las manchas existe una fuerza de aspiración, capaz de atraer la materia que constituye la penumbra, haciéndola desahogar por el núcleo, explicándose de esta manera el poder atractivo de las manchas grandes sobre las pequeñas.

Fundándose en estos hechos, ha pretendido Faye establecer la teoría de que las manchas son ciclones y nada más; el P. Secchi no acepta esta hipótesis, pues todas las manchas no ofrecen el mismo aspecto, antes al contrario, el movimiento giratorio sólo se manifiesta durante el período de formación, ó en el de actividad, que precede á la desaparición definitiva; no es, pues, un fenómeno constante como debiera suceder, si fuese cierta la teoría de Faye; además, el movimiento en forma de torbellino dura muy poco tiempo, un día ó dos á lo sumo, y ya sabemos que las manchas persisten durante varias rotaciones del Sol. No se puede, por lo tanto, asentar sobre estos hechos, puramente accidentales, una teoría que explique de un modo general la estructura de las manchas solares. Hay

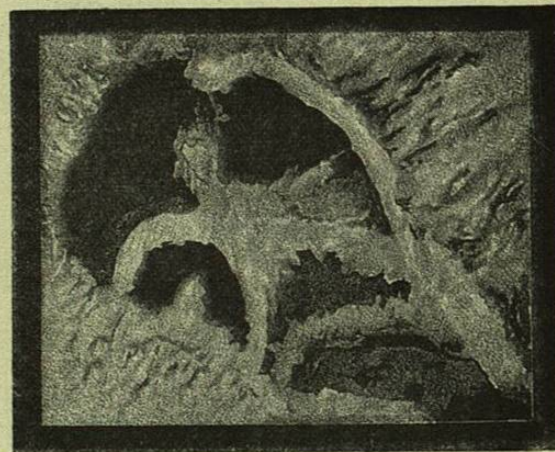


Fig. 36. - Velos rosas en el interior de una mancha

otras razones que presentar en contra de esta hipótesis; cuando las manchas se encuentran en su período de tranquilidad, las corrientes se dirigen hacia el centro, como hemos visto en los ejemplos anteriores; pero en las manchas dislocadas ó irregulares se notan á veces corrientes que forman entre sí ángulos rectos, lo que obliga á suponer que media entre ellas una notable diferencia de nivel; otro tanto podemos decir de los puentes luminosos que se extienden de un borde á otro de las manchas, y que no son más que corrientes suspendidas, en un medio fluido, á distinto nivel que el resto de la mancha ó cavidad, pues no es posible comprender de otro modo cómo estos arcos tan brillantes pueden presentar una dirección oblicua, relativamente á las corrientes inferiores. De los hechos anteriores deduce el P. Secchi que estos fenómenos no pueden tener lugar en un cuerpo sólido, sino que deben producirse en una masa fluida análoga á los gases, siendo la constitución de este medio comparable á las llamas ó á las nubes, y que no es la materia oscura la que invade la parte luminosa, sino al contrario, que las partes más brillantes son las que se extienden por las regiones oscuras, hasta el punto de que, en ocasiones, parece que nadan sobre las capas inferiores dotadas de menor brillo.

En el interior de las manchas se distinguen de cuando en cuando unos velos delgadísimos y transparentes, de color rosado ó violáceo; fueron observados por primera vez por Herschel, que creía que estas tenues capas de vapores formaban y constituían la penumbra, y no puede desconocerse que se hallan íntimamente ligadas con las hojas de sauce y las corrientes de la fotosfera; Dawes también se ocupó del estudio de estos detalles; pero al incansable P. Secchi, que tantas veces hemos citado, se deben los datos más importantes obtenidos sobre la constitución y aspecto de estas coladuras solares. Suelen verse con frecuencia,

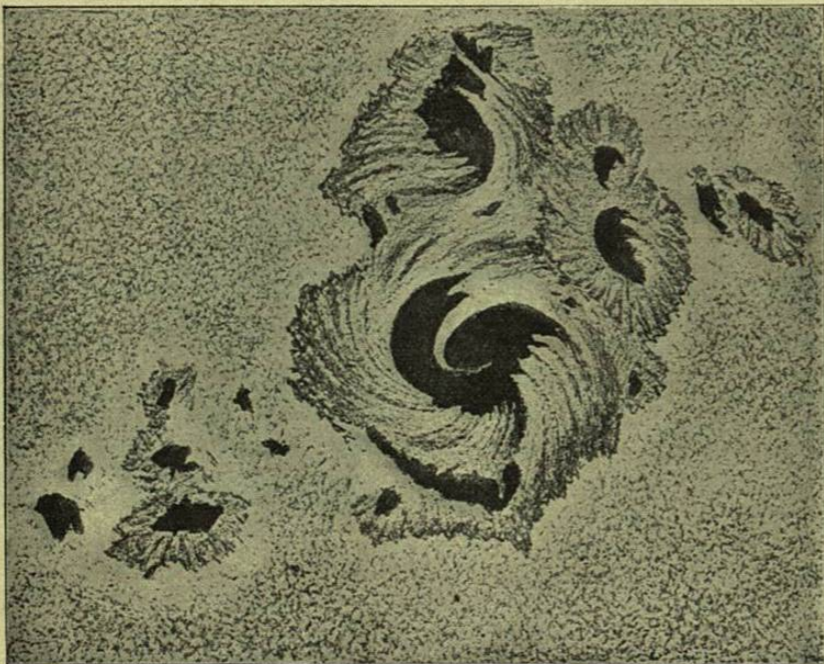


Fig. 37. - Mancha solar gigantesca, visible á simple vista. (Dibujo de J. Landerer)
(Boletín de la Sociedad Astronómica de Francia)

y el que se haya tardado tanto tiempo en descubrirlas se debe á que los astrónomos han usado como modificadores vidrios teñidos, que desnaturalizan por completo la verdadera coloración de los cuerpos; en las manchas de grandes dimensiones, en su período de formación sobre todo, se distinguen los velos rosados empleando un ocular polariscópico de los que hemos descrito anteriormente; han pretendido algunos astrónomos atribuir el aspecto violáceo de estas capas transparentes á defectos de acromatismo de los instrumentos empleados; pero se presentan las nubes con unos contornos tan detallados y unas coloraciones tan distintas de las que produce la refrangibilidad sobre el fondo oscuro del núcleo, que es imposible confundir fenómenos tan diversos. La fig. 36, copiada

de un dibujo del P. Secchi, representa una mancha que apareció en el mes de febrero de 1866, y por su origen y desarrollo se ve que los velos rosados tienen una existencia real y que no dependen de ninguna ilusión óptica; la mancha era visible á la simple vista, semejando una inmensa caverna de forma rara y caprichosa, cruzada por varios puentes luminosos, sobre los que se extienden los velos rosas transparentes; uno de ellos, en forma de herradura, presenta en su centro una especie de fácula brillantísima; al día siguiente la mancha había sufrido una gran transformación, desapareciendo todos los detalles de la víspera y presentándose nuevos velos rojos y blancos, que ocuparon el lugar de las corrientes anteriores. Del estudio detenido y escrupuloso de estos fenómenos deduce el P. Secchi que las corrientes de materia luminosa se convierten á veces en velos coloreados, pues ha visto, en el espacio de algunos minutos, que las lenguas de fuego que surcaban el núcleo, adquirirían el aspecto de velos y se disipaban rápidamente. Existen, por lo tanto, en el interior de las manchas vapores rojizos, comparables á las protuberancias observadas durante los eclipses totales de Sol, de las que hablaremos á su tiempo.

Para completar el estudio de las manchas, nos ocuparemos ahora de lo que ocurre á su alrededor: generalmente están acompañadas por copos ó porciones más brillantes de la fotosfera, que han recibido el nombre de fáculas; son difíciles de observar en el centro del disco, si se mira al Sol directamente; pero usando el aparato de proyecciones descrito en la pág. 18 y recibiendo la imagen del astro en la pantalla, pueden verse con comodidad. Las formas de las fáculas varían de un momento á otro, y manifiestan por la superficie que ocupan, superior casi siempre á la de las manchas opacas, que aquella región de la fotosfera es teatro de violentísimos trastornos interiores. En las manchas circulares ó de formación normal se extienden las fáculas en todos sentidos, como ramificaciones de un núcleo ó centro (fig. 21, pág. 26) y ocupan una superficie mucho mayor que la de la mancha propiamente dicha; en las manchas irregulares se las encuentra en todos sentidos y posiciones, y aun en el interior de los núcleos se las ve brillar á veces como porciones desprendidas de la fotosfera.

En los limbos del Sol se observan las fáculas con gran facilidad, formando una eminencia ó montículo blanquísimo; parecen copos de nieve ó de algodón, aspecto que puede ser producido por una ilusión óptica, á causa del menor brillo de la fotosfera. El P. Secchi se inclina á creer que sobresalen, en efecto, del nivel de la fotosfera, y así se explica su mayor brillo, puesto que tienen que atravesar un espesor menos considerable de la atmósfera absorbente; sin embargo, cuando nos ocupemos de las aplicaciones del espectroscopio al estudio del Sol, veremos que, en ocasiones, hay que suponerlas más brillantes que la fotosfera. Las fáculas preceden, por lo general, á la formación de las manchas, cubriendo otras veces el lugar que una mancha ha ocupado anteriormente; se ve, pues, que existe una relación estrecha entre estas dos clases de fenómenos; se presentan en toda la superficie del disco solar, hasta en los polos; pero lo más común es que no pasen de los 60 grados á uno y otro lado del Ecuador.