

forman filas ó líneas convergentes, como si moviéndose en más sitio, fuesen impulsadas por alguna corriente hacia el interior de la mancha.

La causa de este aspecto, supone el Dr. Scheiner que sea la misma que en la Tierra, según la teoría de Helmholtz, da lugar á la formación de ciertas clases de nubes; esto es, la diferencia de temperatura de dos capas ó estratos y las corrientes de varias direcciones en estos estratos. Los granos brillantes de la fotosfera son las cimas ó crestas de las ondas de dos sistemas que se cruzan, visibles por un aumento de condensación; la longitud observada, esto es, la distancia entre los granos separados, es de 1.000 á 3.000 kilómetros, y se cree que ondas de esta magnitud pueden producirse, sin que haya que suponer la existencia de velocidades extraordinarias. Si esta teoría fuera cierta, la fotosfera debería ser muy delgada, y puesto que los gránulos son próximamente del mismo tamaño en todas partes de la superficie, la velocidad de las corrientes sería igual ó poco menos en todas las latitudes heliocéntricas.

Las dimensiones de los granos ú hojas de sauce son de  $\frac{1}{4}$  ó  $\frac{1}{2}$  de segundo; pero debemos advertir que no se pueden medir individualmente con el micrómetro y que sólo se les compara con los hilos de éste; Langley opina que, además de los granos á que nos hemos referido, hay otros aún más pequeños. En las proximidades de las manchas hemos visto que son más perceptibles las hojas de sauce, y aunque pierden algún tanto su forma por la amplificación, pueden medirse directamente.

Los granos ocupan una extensión de 200 á 300 kilómetros y su luz no es uniforme, antes al contrario, su superficie presenta grandes irregularidades; sus movimientos son también muy sensibles, aunque difíciles de determinar por la masa brillante de la fotosfera; en las inmediaciones de los poros se les ve moverse y cambiar de forma, llegando á veces, en el espacio de media hora, á cerrar por completo cavidades de algunos segundos de diámetro, y ya sabemos lo que un segundo representa en el globo solar.

### CAPITULO III

Formación de las manchas. — Su nivel. — Del núcleo ó umbra

Los primeros astrónomos que observaron las manchas solares, ya notaron la rapidez con que se verifican los fenómenos en la superficie del Sol. Scheiner vió que el movimiento de la penumbra hacia el núcleo transformaba rápidamente el contorno de las manchas; á Galileo le sorprende la prontitud con que las manchas nacen, se transforman y se extinguen, y dice «que no son permanentes, que se condensan, se dividen, se agrandan y desaparecen.» Derham refiere que el 29 de octubre de 1706, una mancha negra apareció y desapareció varias veces en el centro de una fábula brillante; en otra ocasión, sin separar la vista del anteojo, presencié deformaciones y cambios muy notables. En una memoria publicada por Wollaston en 1774, dice que vió casualmente cómo se rompió una mancha, y compara el aspecto de este fenómeno al que se produciría arrojando un pedazo de hielo sobre la superficie de un estanque congelado; el pedazo de hielo se rompería y los fragmentos se deslizarían en todas direcciones. Herschel ha presenciado también cambios, de una extensión considerable, en las fábulas.

Estas observaciones son difíciles de hacer por varias causas; de una parte, no podemos ver más que la mitad del globo del Sol, y eso durante algunas horas del día, suponiendo la atmósfera clara y despejada; de otra, la rotación del astro nos oculta la mancha durante 14 días, en los cuales puede sufrir tales transformaciones, que nos sea imposible de todo punto reconocerla cuando reaparezca; sin embargo, la perseverancia de los astrónomos ha vencido todos estos obstáculos, y hoy día poseemos bastantes datos sobre la formación de estas maravillosas manifestaciones de la energía solar. No podemos decir, á pesar de esto, que exista, ó se haya descubierto al menos, una ley del tiempo que necesita una mancha para formarse; unas nacen con gran lentitud, por dilatación de los poros, y otras se presentan de improviso, si bien, observando el Sol diariamente con escrupulosidad, puede preverse su aparición, que por rápida que se manifieste, no debe llamarse instantánea.

El primer indicio de las agitaciones de la fotosfera es, por lo general, la aparición de algunas fábulas muy brillantes, á las que siguen uno ó varios poros, y también la presencia de grupos de puntos negros, parecidos á las crestas de las rocas que el mar descubre en su reflujo; los poros están dotados de gran movilidad; cambian de lugar, desaparecen y se reproducen, hasta que finalmente llegan á formar una gran abertura; al principio, y cuando las manchas carecen aún de forma regular, no suelen tener penumbra, desarrollándose ésta poco á poco, según que la mancha va creciendo; entonces toma el aspecto que representa la fig. 19. No siempre se encuentra la superficie solar en el estado de tranquilidad que hemos supuesto; antes al contrario, más frecuente es observarla

sufriendo grandes evoluciones y ver aparecer las manchas en medio de movimientos complejos y tumultuosos. El Sr. Comas observó en Barcelona, en junio de 1891, las curiosas modificaciones que sufrió una mancha solar, desde su nacimiento hasta su desaparición, en el breve espacio de cuarenta y ocho horas, representadas en las seis secciones de la figura 26. El 25 de junio, á las 6<sup>h</sup> de la tarde, se inició la perturbación de la fotosfera, apareciendo los puntos oscuros que se ven en la sección primera; catorce horas después, esto es, á las 8<sup>h</sup> de la mañana del día siguiente, ya se había desarrollado el grupo de manchas (n.º 2) con sus núcleos, penumbras, puentes luminosos y torrentes de materia fotosférica en movimiento; dos horas después (n.º 3) sigue el trabajo de las



Fig. 26. — Las transformaciones de una mancha solar, observadas por el Sr. Comas en Barcelona en junio de 1891

fuerzas gigantescas y la mancha tiende á regularizar su forma, que alcanza, al fin, á las 3<sup>h</sup> 30<sup>m</sup> de la tarde (n.º 4), empezando desde este momento su tendencia á la disolución y fraccionamiento, como se ve en los números 5 y 6, que corresponden á las 10<sup>h</sup> 40<sup>m</sup> de la mañana y á las 6<sup>h</sup> de la tarde del día 27.

Las manchas no sólo cambian de forma en un corto espacio de tiempo ó durante una revolución del Sol, sino que también varían las distancias que las separan entre sí, de suerte que están animadas de un movimiento propio; esto se verá con más claridad examinando la fig. 27, en la que el disco de la izquierda representa el aspecto del Sol al principiar una rotación; se distinguen cuatro grupos de manchas A, B, C, D; veintiocho días después, las mismas letras marcan en el disco de la derecha las posiciones ocupadas por las manchas, posiciones que varían grandemente de las anteriores; las variaciones ocurridas en su forma las podemos apreciar con auxilio de la fig. 28, que representa los detalles de los grupos A y B, al principio y al fin de la rotación; la primera, que es la superior, ha adquirido en el transcurso de estos veintiocho días, una forma circular, desvaneciéndose en gran parte las pequeñas manchas que la acompañaban; la segunda casi se ha disuelto por completo, fraccionándose en varias cavidades.

Hemos hablado ya de la multiplicación y división de las manchas; pero también ocurre que varias de ellas se funden y reunen en una sola, por disolución de la materia luminosa que las envuelve; lo más general es que, cuando de un núcleo primitivo se forman varios secundarios, estén separados por los puen-

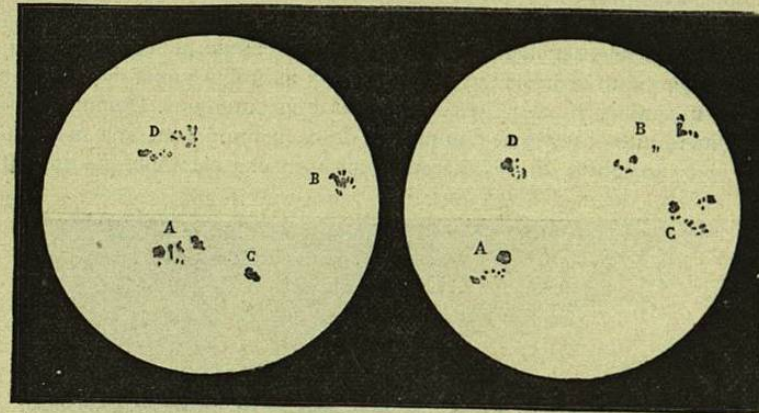


Fig. 27. — Movimiento de las manchas solares en el intervalo de una rotación

tes brillantes que hemos descrito (fig. 19); sucede asimismo que los puentes se presentan y extienden con tanta prontitud, que parece que el núcleo se rompe; su brillo es extraordinario, comparable y aun superior á las partes más luminosas de la fotosfera.

Por lo que llevamos expuesto se comprende que las manchas son fenóme-

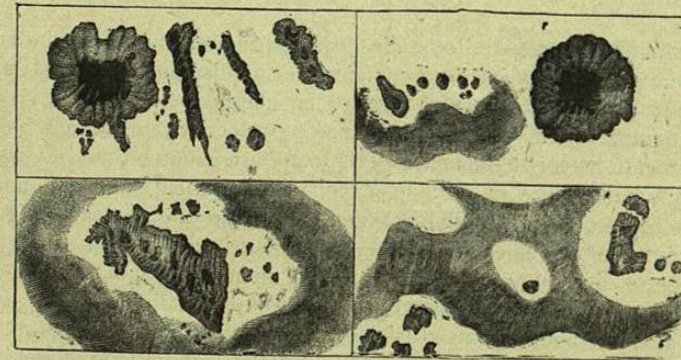


Fig. 28. — Transformaciones de las manchas en el intervalo de una rotación

nos muy complejos, que no tienen lugar meramente en la superficie del Sol, sino que extienden su acción á las regiones interiores del globo, produciendo trastornos considerables en toda su masa, por causas que todavía no conocemos; hay ocasiones en que la agitación de la fotosfera es tan grande como la cuarta

parte del diámetro solar. Para estudiar con algún fruto estas manifestaciones, debemos muy particularmente examinar el fenómeno en sí mismo, establecer distinciones y clasificaciones y tratar de inquirir las leyes que presiden á su formación.

Hemos visto (pág. 20) que las manchas sufren varias transformaciones al cruzar el disco del Sol; que aparecen en el borde oriental como una línea que progresivamente se ensancha, convirtiéndose en un círculo, al llegar al centro del astro, en cuyo punto se presentan en su aspecto natural; y que al recorrer la otra mitad de su camino, ofrecen fases semejantes á las anteriores. Domingo Cassini fué el primero que observó la disminución de la penumbra en una mancha estudiada el 13 de agosto de 1671, según consta en una memoria que presentó á

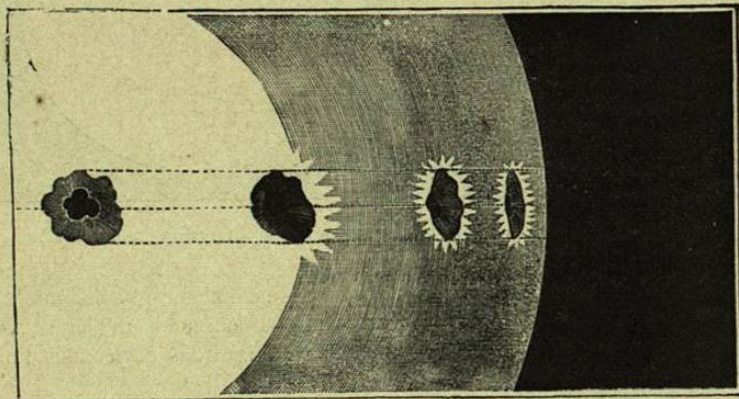


Fig. 29. - Cambios de forma de las manchas solares

la Academia de Ciencias de París; dice así: «La disminución del ancho de la penumbra era proporcional al decrecimiento de la velocidad aparente, de suerte que, cuando la corona (la mancha) estaba en medio y en situación en que su figura verdadera podía verse mejor, aparecía ovalada y semejante á una oreja humana, siendo mayor su diámetro de Este á Oeste, acortándose al estar cerca del limbo; y habiéndose presentado mayor en su primera situación, vino á ser menor en ésta, porque se hallaba casi en un círculo que pasaba por el centro del Sol, cuyos arcos iguales son tanto más oblicuos, cuanto más se aproximan al limbo de su disco, y por lo tanto, aparecen menores en conformidad con las leyes de la óptica; al mismo tiempo, el diámetro que se dirigía del Norte al Sur conservó aparentemente el mismo espesor que tenía en el centro, porque se hallaba en un círculo casi paralelo al horizonte del Sol, que forma la representación de su limbo y cuyos arcos iguales (por las mismas razones ópticas) no aparecen contraídos.» Santiago Cassini, ó Cassini II, observó una mancha en el mes de diciembre de 1719, tan grande, que cuando estuvo cerca del borde, produjo una *excavación*, fenómeno que no ocurre con las manchas pequeñas, antes al contrario, presentan unas eminencias producidas por las fáculas que las rodean. El Dr. Wilson emprendió en el siglo pasado un estudio detenido de las manchas

solares, observándolas é interpretándolas de un modo verdaderamente científico; dedujo que eran *cavidades* producidas en la fotosfera, y que el nivel del núcleo era inferior al de la periferia solar; el 22 de noviembre de 1769 se presentó cerca del borde occidental una gran mancha visible á la simple vista y cuyo aspecto cambió de un modo notable de día en día. La penumbra, que el día anterior ocupaba una extensión igual en ambos lados del núcleo, estaba mucho más contraída en la parte inmediata al centro del disco, mientras que la región opuesta conservaba las mismas dimensiones que tenía al aparecer; el día 24 la distancia al limbo era sólo de 24 segundos, y la penumbra contraída se había casi desvanecido. La anchura del núcleo del mismo lado disminuyó también de un modo más considerable y rápido de lo que permite suponer el movimiento del Sol.

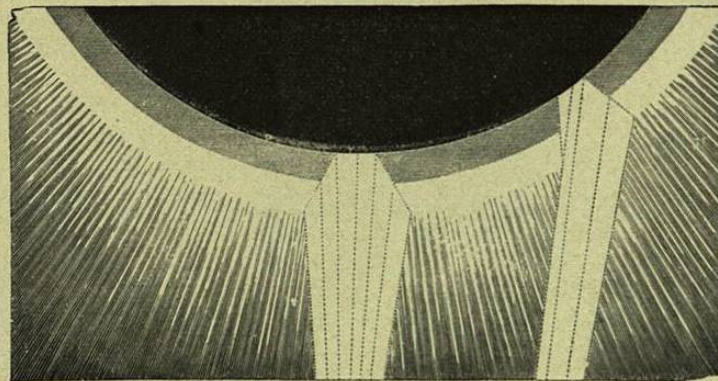


Fig. 30. - Explicación del cambio de forma del núcleo y de la penumbra, según las observaciones de Wilson

La fig. 29 nos hará comprender fácilmente estos cambios; la mancha situada en el centro del disco presenta una penumbra simétrica, con relación al contorno del núcleo; á medida que se aproxima al borde, por el movimiento de rotación del Sol, se estrecha la penumbra del lado del centro hasta que desaparece por completo; si las manchas son cavidades de forma cónica, de un diámetro más pequeño en el fondo que en la superficie, sus lados ó taludes representarán la penumbra, y el fondo, el núcleo; el talud próximo al limbo solar se verá siempre del mismo ancho, mientras que el opuesto lo irá cubriendo el borde mismo de la fotosfera, que ocultará paulatinamente el núcleo (fig. 30) hasta que la mancha desaparezca por completo. Mientras más profunda sea la cavidad, de un modo más sensible se manifestarán estas fases; pero si la mancha es superficial y hay una diferencia de nivel muy pequeña entre la fotosfera y el fondo de la caverna, no desaparecerá éste sino al encontrarse la mancha en el borde mismo del Sol, resultando la observación muy difícil; sin embargo, con buenos instrumentos, podría medirse la profundidad por las dimensiones relativas de la penumbra y en el momento en que pareciera tocar al núcleo. De este método se valió Wilson para determinar la profundidad de algunas manchas, que estimó igual á la tercera parte del radio terrestre. Varios astrónomos rechazaron