

teoría cometaria de las estrellas fugaces, habia indicado ya esta conexión probable, añadia, en vista de la opinión de Muller y de otros físicos célebres, que dicha luz debe tener mucha mas importancia para nosotros, pues no es nada menos que la causa del calor y de la luz del Sol. En su concepto, algunos de los corpúsculos que la componen deben caer sin cesar en la superficie de aquel astro, por desviarlos de sus órbitas la acción combinada de los planetas. Una vez allí, cesará probable y totalmente su velocidad, trasformándose en calor, como sucede siempre con los frotamientos que destruyen las velocidades. La atmósfera solar, caldeada por estas caídas, debe alcanzar una temperatura que la haga luminosa, sobre todo en su región media, en la cual tendrá lugar efectivamente la mayor distribución del movimiento, porque las capas superiores se calentarán en menor grado á causa de su débil densidad, y las inferiores solo recibirán corpúsculos reducidos ya á polvo ó vapor y cuya velocidad habrá quedado casi completamente aniquilada en la región media.

Merced á esta teoría se explica también la causa de que el Sol tenga mas calor en su ecuador que en sus polos, pues la luz zodiacal forma un anillo aplanado, cuya mayor dimensión coincide casi con el plano del ecuador solar.

Con igual facilidad demuestra además la periodicidad de las manchas solares. En efecto, los corpúsculos de la luz zodiacal, obedientes á la ley de la gravitación, no pueden caer en el Sol sino por efecto de sus perturbaciones planetarias. Así pues, en sus caídas deben mediar periodos dependientes de las revoluciones de todos los

planetas, y en especial, de la del mas poderoso de todos ellos, de Júpiter. Esta variación periódica da lugar á otra semejante con respecto á la cantidad de calor producida, y por lo tanto, á una periodicidad en las manchas y en las fáculas, la cual debe ser de once años próximamente.

Por otra parte, al entrar los corpúsculos en la atmósfera solar, deben desarrollar electricidad, á consecuencia de sus frotamientos con las partículas sólidas ó líquidas de la fotosfera, explicándose de este modo la curiosa relación observada entre el periodo de las manchas del Sol y el de las variaciones diurnas de la brújula en la superficie de la Tierra, variaciones debidas al magnetismo solar.

Es muy posible que los aerolitos, diseminados á millares de millares en toda la extensión del sistema planetario, y principalmente en el plano general del movimiento, es decir, en el del Zodiaco, los bolidos, las estrellas fugaces, corpúsculos sólidos acá, líquidos allá, gaseosos mas léjos, no formen mas que una especie general de cuerpos celestes fragmentarios; que la zona en que principalmente gravitan nos sea manifiesta por la reflexión vaga de la luz solar y constituya la luz zodiacal, y que al caer dichos corpúsculos sobre el astro radiante den origen á las manchas, y sirvan para mantener el calor de aquel inmenso foco, encendido sin duda por una fuerza química renovada siempre de este modo, es decir, por la disociación.

Si ese torbellino de corpúsculos no circula al rededor del mismo Sol, lo cual no está probado todavía, lo verifica indudablemente en torno de la Tierra, y tal vez produzca á lo léjos el efecto del anillo de Saturno.

CAPÍTULO XI

ACCION GENERAL DE LA LUZ EN LA NATURALEZA

Acabamos de presenciar los múltiples juegos y combinaciones de la Luz en el mundo atmosférico, habiéndonos dado cuenta del modo de formación así como de la naturaleza de los fenómenos ópticos, en virtud de la disección que de ellos hemos hecho. Pero este panorama general de las obras de la Luz sería incompleto si no penetráramos un instante en la misión grandiosa y profunda de este agente en la vida terrestre entera; porque la Luz es la fuerza que sostiene en el infinito el esplendor de esta vida; el encanto y ornamento de la Tierra; el primer elemento de toda existencia, por lo que á nosotros toca; y esas combinaciones, esos maravillosos efectos que hemos admirado no son mas que sonrisas pasajeras que se dibujan en ese rostro siempre amigo que desde lo alto de los cielos permite que los rayos de su mirada iluminen este oscuro mundo. Sin la luz, el globo rodaría entre las tinieblas de una noche infecunda y glacial; con ella, todo se agita en medio de la dicha y de una eterna vida.

Hay mundos á los que no les es dado gozar de esa divina luz blanca á quien la naturaleza terrestre debe su infinita variedad de colores, de matices, de aspecto; los hay también iluminados por soles verdes sin otro tinte; por soles rojos, que solo comu-

nican este color á sus campiñas; por soles azules, verdes, que no derraman en su superficie sino rayos teñidos siempre del mismo color. Hay otros mundos alumbrados por dos ó tres soles á la vez, cada uno de los cuales brilla con un color propio, sustituyéndose ó reuniéndose en el horizonte. Así, pues, el espectáculo del cielo nos demuestra que, por modesta que sea la tierra en que vivimos, no somos los menos privilegiados, puesto que nuestro sol blanco nos dispensa todas las variedades posibles de la luz multicolora.

La fuerza luminosa difundida por el resplandeciente Sol en la Atmósfera terrestre domina cual soberana en el planeta al que distribuye sus estaciones y sus días; con sus delicadas manos teje el leve y suave organismo de las plantas, debiendo llamar muy especialmente nuestra atención la acción que ejerce en el mundo vegetal.

Podríamos consagrar algunas líneas á poner en evidencia la estética del reino de la Luz sobre la naturaleza animada; considerar cómo las lindas é inconscientes florecillas se vuelven instintivamente hácia la luz cual niño en la cuna, y se ofrecen como modelo á la humanidad consciente, que con harta frecuencia se sirve de su voluntad tan solo para retroceder hácia las tinieblas; podríamos observar el sueño y el desperta-

miento de las plantas, admirar su increíble energía para habitar en la claridad, é inspirarnos en la exquisita soberanía de esa potencia sobre la naturaleza entera. Pero lo que mas nos interesa aquí es apreciar del mejor modo posible las *cantidades de trabajo* representadas por la accion continua de este agente atmosférico en las plantas.

La Luz es indispensable para la vida vegetal, y algunas plantas pueden crecer durante algun tiempo en la oscuridad, crecen lánguidas, macilentas y débiles, sin serles posible recorrer las diferentes fases de su existencia.

Los elementos constitutivos mas esenciales de las plantas son el carbono, el hidrógeno, el oxígeno, á los cuales puede añadirse el nitrógeno, si se hace abstraccion de ciertas sustancias como el silicio, el fósforo, el azufre, así como de las bases, como la potasa, la sosa, la cal, etc., que solo se encuentran en ellas en escasas proporciones. Estas cuatro sustancias existen en la Atmósfera; las tres últimas se fijan en las plantas, al removerse su sávia, en virtud de reacciones químicas cuyo resultado final es lo único que observamos; el carbono lo suministra el ácido carbónico del aire, y la luz es la que determina la accion por medio de la cual se acumula en los vegetales.

Segun los experimentos hechos por M. Boussingault desde el mes de junio al de agosto de 1865, entre las ocho de la mañana y las cinco de la tarde en atmósferas ricas en ácido carbónico, un metro cuadrado de hojas de laurel ha dado diariamente por término medio:

á la luz, ácido carbónico absorbido, 1 litro 108;
en la oscuridad, id. desprendido, 0 — 070.

La relacion de ambas cantidades es próximamente de 16 á 1, es decir, que con dichas hojas expuestas á la luz la descomposicion del ácido carbónico ha sido diez y seis veces mas viva por término medio que la emision de este gas en la oscuridad.

Analizando cierta cantidad de hojas antes de la insolacion, y la misma cantidad des-

pues, es decir, dosificando todos los elementos de la planta, se advierte que bajo la accion de la luz hay sensiblemente tanto oxígeno emitido como ácido carbónico absorbido.

Analizando por completo cantidades equivalentes de hojas antes y despues de la insolacion, así como la atmósfera en que se encontraban, se ha averiguado que en la accion de la luz sobre las hojas no hay absorcion ni emision de nitrógeno.

Resulta de aquí que, en la accion luminosa, el nitrógeno no se fija en las hojas, y que el que se encuentra asimilado á los vegetales procede de los compuestos amoniacales ó de las materias trasportadas al vegetal durante la circulacion de la sávia.

La luz determina la coloracion verde de las hojas y de los tallos; las demás partes del tejido vegetal, como las flores de tan variados y ricos matices y hasta los mismos frutos, deben tambien su color á la accion de la luz. Podria decirse que produce todos los colores vegetales, ya en virtud de una accion directa ejercida por los rayos luminosos, ya en razon de efectos secundarios, es decir, de reacciones que ocurren en los tejidos durante el acto de la vegetacion, porque muchas flores, por ejemplo, adquieren sus colores en el momento de abrirse. La piel ó corteza de los frutos da lugar, como las flores, á efectos de coloracion bajo la influencia de la luz. Sábese, en efecto, que los colores rojos de los melocotones, se deben exclusivamente á esta influencia, así como esos tonos amarillos y encarnados de las manzanas, de la uva y de un gran número de frutas.

Otro tanto sucede con el reino animal. La vivacidad de los colores de las plumas de las aves y de la piel de las fieras va decreciendo de los trópicos á las regiones polares. El hombre del campo tiene la tez bronceada; el de la ciudad, pálida; el prisionero hace que se le compadezca por su color macilento y opaco.

Es cosa notable ver que la asimilacion

del carbono tiene lugar en la superficie de la tierra á causa de la presencia de una pequeñísima cantidad de ácido carbónico contenida en la Atmósfera y en el suelo vegetal. Si consideramos únicamente la primera, calcúlase por término medio en $\frac{4}{10000}$ del volumen del aire el del gas ácido carbónico que existe en un momento dado en la envoltente gaseosa de la tierra. Suponiendo ahora que dicho ácido esté distribuido por todas partes en la misma proporcion, como el peso de la Atmósfera equivale al de una capa de agua de 10 metros 33 centímetros extendida sobre la superficie de la Tierra, tendremos que el peso del carbono contenido en el ácido carbónico que existe en el aire equivale al de una capa de hulla, suponiéndola de carbono puro, que tuviera un milímetro y cuarto de espesor y que envolviera el globo. Esta cantidad tan insignificante es, sin embargo, la que suministra el carbono que se fija continuamente en los vegetales. Debemos añadir que la pérdida del ácido carbónico está compensada á cada momento por las cantidades del mismo gas que el suelo puede emitir al descomponerse las materias orgánicas, así como por el ácido carbónico que procede de la respiracion de los animales.

Se puede formar una idea de la cantidad de trabajo determinado por la accion de la luz solar en la vegetacion y cuyo equivalente es fácil hallar en la combustion de los vegetales, evaluando la cantidad de carbono fijada durante un tiempo dado por estos, cálculo que ya hemos hecho al ocuparnos de la vida (Lib. I, cap. vi, pág. 66).

En nuestros climas templados, una hectárea de bosque produce anualmente una capa de hulla de $\frac{13}{100}$ de milímetro de espesor, poco mas ó menos; y como acabamos de ver que el ácido carbónico diseminado en el aire daría en un momento dado una capa de hulla diez veces mas espesa si todo el carbono que contiene se depositara sobre la tierra, resulta que si toda la superficie del globo estuviese cubierta de una

vegetacion igual á la de los bosques, y no se renovara el ácido carbónico, al cabo de unos diez años el aire quedaria totalmente privado de él.

Suponiendo, pues, que la vegetacion sea la misma en el transcurso del año, la cantidad de carbono fijada por los árboles en la superficie de una hectárea será de 4320 kilogramos.

Este número es relativo á nuestro país; en las regiones ecuatoriales, donde la vegetacion es mas activa, debe ser indudablemente superior. Si consideramos las demás especies de cultivo, la proporcion de carbono fijado anualmente puede ser tambien mas grande. Háse averiguado, por ejemplo, que en una pradera bien abonada, se forman cada año 3500 kilogramos de carbono fijados en las plantas, por hectárea; y el cultivo de las chufas ha dado la elevada cifra de 6310 kilogramos. Por consiguiente, puede calcularse que la proporcion de carbono fijada anualmente por cada hectárea de los diversos cultivos en las regiones templadas varia entre 1500 y 6000 kilogramos, lo cual se debe á la accion de la Luz en los vegetales.

Ahora bien; si en vista de estos números se averigua cuánto calor desarrollaria dicha cantidad de carbono al quemarse, se tendrá una idea del trabajo producido por la Luz en los vegetales, en la superficie del globo. Como un kilogramo de carbono da 8000 unidades de calor, es decir, la cantidad que bastaria para calentar un grado 8000 kilogramos de agua, las cifras expresadas representan estas cantidades de calor como variando entre 12 y 48 millones. Tomando 24 millones como término medio, tendremos que, solo por lo que respecta á Francia, la accion anual de la Luz en la vegetacion corresponde á un incendio de 166 millones de kilogramos de carbon! En la Europa entera equivaldria á un fuego de 3 billones de kilogramos, y en todo el planeta á una combustion de 40 billones!

Y sin embargo, la cantidad de trabajo

producido por los rayos *luminosos* del Sol durante el acto de la vegetacion en nuestros climas, y almacenado en las plantas para utilizarse en el momento de su combustion ó del empleo de estas materias, es incomparablemente inferior, como veremos, á la accion *calorífica* debida á la influencia de los mismos rayos!

Un hombre de 30 á 40 años produce en el acto de la respiracion una cantidad de ácido carbónico que equivale á la de la combustion de 11 gramos de carbono por hora; una mujer de la misma edad da 7 gramos de dicho gas; podemos, pues, admitir 9 gramos por persona como término medio. De aquí resulta que en veinticuatro horas una persona produce una cantidad de ácido carbónico equivalente á 216 gramos, y que veintitres individuos producen en el mismo tiempo por la respiracion la cantidad de carbono fijada durante un año por la vegetacion en una hectárea de bosque.

Este curioso resultado no es idéntico por lo que hace á todos los cultivos, pues, por ejemplo, una hectárea de nuestras fértiles praderas da una fijacion de carbono igual á la cantidad que saldria de los labios de 46 personas. Pero cualesquiera que sean los detalles, el aspecto del conjunto es ese cambio permanente de átomos entre el reino vegetal y nosotros mismos, esa organizacion del equilibrio de la Atmósfera por la misma oposicion de la funcion orgánica de ambos reinos. Aquí vemos nuevamente que una profunda ley establece en nuestro planeta una fraternidad absoluta entre todos los séres, fraternidad que se desarrolla en la historia de la naturaleza bajo la proteccion activa é incesante de la Luz.

La importancia de la mision de la Luz en la naturaleza, así como el deseo de conocer sus variaciones de intensidad segun los dias del año, me hicieron pensar por espacio de mucho tiempo en medirla, merced á un procedimiento mecánico cualquiera. Un caso particular de mis excursiones aereo-

náuticas me indujo especialmente á no desistir de tal propósito: dicho caso es el siguiente. Siempre que atravesaba las nubes, me sorprendia sobremanera el aumento de claridad que se advierte al introducirse en su seno y al elevarse sobre su superficie superior. A veces, la luz difusa que reina bajo un cielo nublado es tan débil, aunque no lo advertimos, que la vista se queda verdaderamente deslumbrada cuando, al penetrar algunos centenares de metros en el seno de una nube, se aproxima al aire luminoso superior á aquella sombría cubierta tan frecuentemente extendida sobre nuestras cabezas. He querido medir esta variacion de luz, pero el asunto era bastante árduo y difícil.

No existe todavia un instrumento, para la luz, análogo al termómetro para el calor, ó al barómetro para la presion atmosférica. No se conoce ninguna sustancia que oscile con la intensidad de la luz ó sufra variaciones instantáneas. Primero busqué algun procedimiento susceptible de imitar el juego de la pupila del ojo, que se contrae ó se dilata segun la intensidad de la luz, pero mis pesquisas fueron infructuosas.

Por último, determiné valerme, á falta de otra cosa mejor, de una sustancia que pudiera impresionarse en proporcion de la cantidad de luz á que se la expusiera, y conservar esta impresion para comparar despues las intensidades luminosas consignadas de esta suerte.

Añadiré, puesto que he tenido que tratar de estas investigaciones, que M. Lécocq d'Argenteuil, hábil relojero de la marina del Estado, se prestó á construir siguiendo mis indicaciones, un pequeño aparato portátil que diera la variacion de la intensidad de la luz. Hé aquí cómo lo formamos.

El papel nitrado puede servir de sustancia impresionable. Un aparato de relojería, encerrado en una caja de cobre, pone en movimiento un cilindro en el cual está arrollada una tira de papel sensibilizado. Colócase la caja sobre una mesa; en su