

76

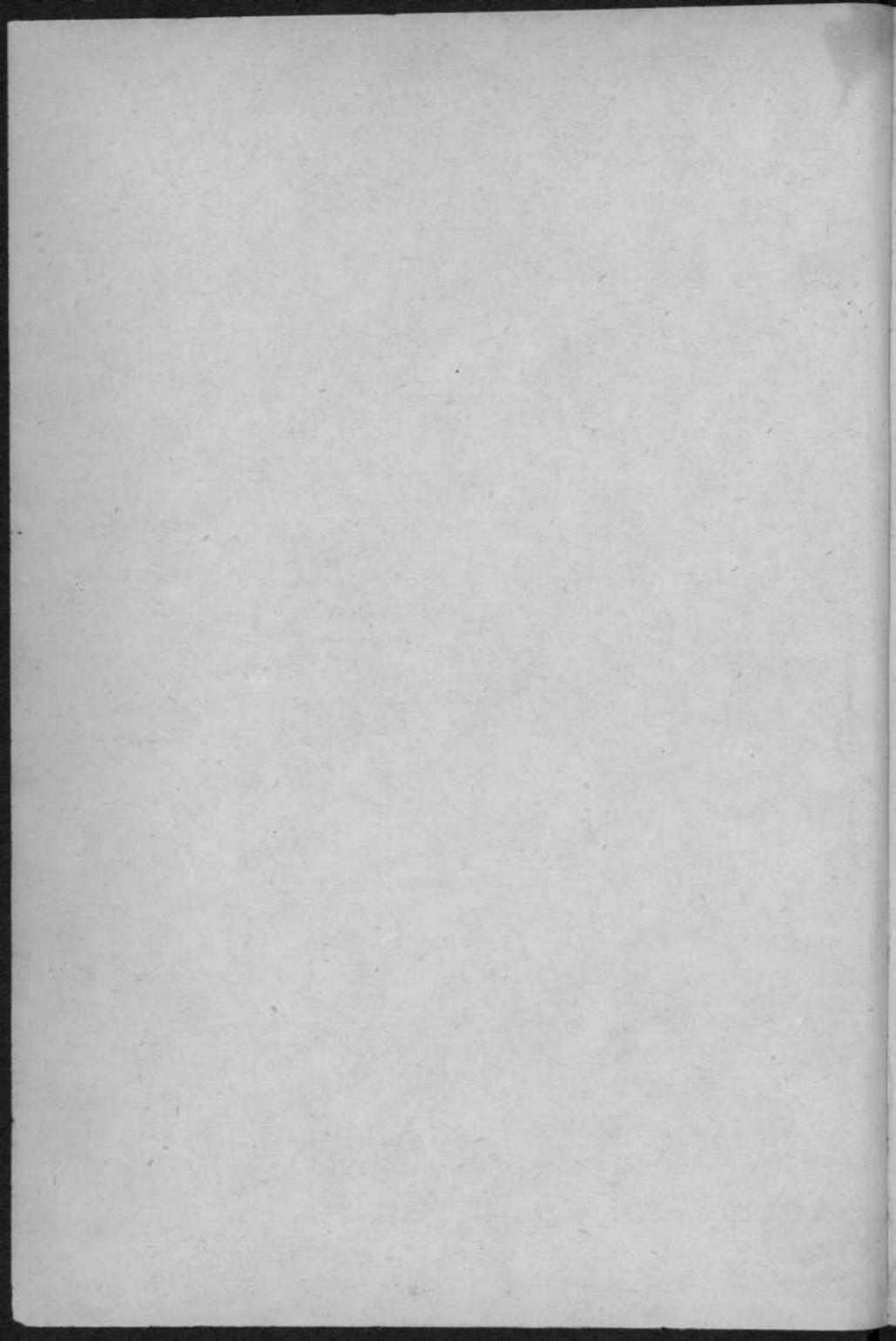
15276

186

186

~~1871~~

LA ATMOSFERA



LA ATMOSFERA.

LA STORIA

DEL

DAMIANO

LA STORIA



72

LA ATMOSFERA

DESCRIPCION

DE LOS

GRANDES FENOMENOS

DE LA NATURALEZA

POR

CAMILO FLAMMARION

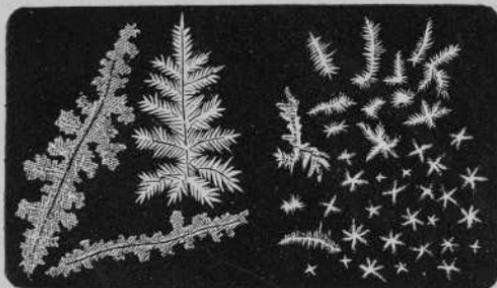
traducida al castellano de la segunda edición francesa
y adicionada con algunas notas.

POR

D. LUIS BARINAGA Y CORRADI,

PROFESOR DE LA ESCUELA DE MINAS.

TOMO I.



MADRID

IMPRESA Y LIBRERIA DE GASPAR, EDITORES.

(ANTES GASPAR Y ROIG.)

Calle del Principe, núm. 4.

1875



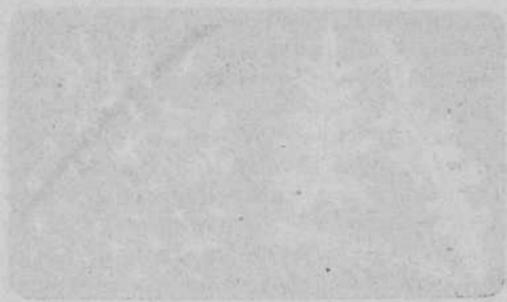
ADQUISICION POR
COMPRA DEL ESTADO.

LA ATROSTERA

GHANIBES LIZAMONOS

CAMILLO FLAMMARION

Se ha cumplido con las condiciones que marca la ley para los derechos de propiedad.



MADRID

PROLOGO DEL TRADUCTOR.

La Moda es una deidad veleidosa y ligera de cuyo influjo nada se libra. No contenta con ejercer un imperio tan caprichoso como incondicional y absoluto sobre los trages, los adornos, los muebles, los paseos, los carruajes, las diversiones, escala tambien esferas mas elevadas, invade la region del pensamiento y determina, en cierto modo el camino que han de tomar las obras literarias, que llegan á ponerse de moda como los vestidos y los peinados. Fuerza es confesarlo sin embargo; las modas literarias han representado siempre un progreso, un adelanto, un paso dado en el camino de la verdadera ilustracion.

A principios del siglo estaban de moda las novelas románicas de Ana Radcliffe, de Mad. Cottin, del vizconde D'Arincourt, novelas que una vez leídas, dejaban el espíritu mas ó menos conmovido, pero sin haber aprendido nada; tras de aquellas novelas nos trajo la moda las de Alejandro Dumas, que hicieron verdaderamente lo que se llama época. Agradablemente escritas y llenas de movimiento, desarrollaban su accion en medio de los acontecimientos históricos del período á que correspondian, y de este modo divulgaban el conocimiento de la historia dejando algo en la mente despues de concluida su lectura. Y algo, que no seré yo quien juzgue, dejaban tambien por aquél mismo tiempo las novelas sociales de Eugenio Sué, que tan al vivo y con tanta exageracion representaban la vida y las aspiraciones de las últimas capas de la sociedad.

Pasó tambien la moda de estas novelas y con ella la de

las novelas propiamente dichas. El público se aficionó entonces á leer otros libros en que, mezcladas con parte novelesca, encontraba nociones, no siempre muy exactas pero espuestas con bastante habilidad para hacerlas agradables, de física, de química, de historia natural, de geografía; y los autores de moda fueron Julio Verne, el capitán Mayne-Reid, Jourdan, Verneuil, Biart, Seco, etc.

La evolucion estaba hecha en el ánimo del público, y á estos primeros libros sucedieron otros mas serios, de los cuales han desaparecido ya por completo las creaciones de la fantasía y en los que solo queda la ciencia, en su parte mas sencilla y mas agradable: otros libros que esponen y esplican los fenómenos de la naturaleza, dándoles, al hacerlos comprensibles para la generalidad de las gentes, un interés que puede influir de un modo muy notable en el adelanto de su estudio, porque puede inspirar á muchos el deseo de conocerlos mas á fondo, y ampliar así el número de las personas capaces de observarlos con un criterio verdaderamente científico. Son notables entre las obras de esta especie las de A. Badin, J. Baille, H. Bocquillon, Cazin, Deherrypon W. de Fonvielle, Girard, Le Pileur, F. Marion, Radau, Reynaud, Simonin, Sonrel, Tissandier, Zucher, Margollé, Figuier y Flammarion, y acaso una de las mas importantes de este último LA ATMÓSFERA cuya traduccion ofrecemos hoy á nuestros lectores.

LA ATMÓSFERA no es seguramente un tratado de Meteorología; todo cuanto en esta obra puede aprenderse, no seria bastante para enseñar sus deberes á un ayudante de un Observatorio meteorológico; pero basta sí para dar una idea de los fenómenos que se verifican en el aire que nos rodea, de su causa, de las variadas formas con que se nos presentan, de la diversa intensidad con que aparecen, de los efectos que causan en la vida animal y vegetal; y todo esto espresado en un lenguaje elegante y sonoro, y despojado de la parte mas árida de los números y de los cálculos, es natural que ofrezca un gran interés al público. Prueba bien evidente de ello es el haberse agotado en Francia la 1.ª edicion en un espacio cortísimo de tiempo y haber tenido que hacerse otra antes de principiar el año

1873, aun en medio de las circunstancias políticas porque en aquella época atravesaba la nacion vecina.

Cierto es que las condiciones de forma que constituyen en una gran parte el mérito del original francés se habrán perdido al verterle á nuestro idioma; pero siempre le quedarán las bellezas de esencia en que tanto abunda; y aun respecto de aquellas, he procurado en la medida de mis fuerzas, — que reconozco muy escasas para el objeto —, conservar por lo menos el estilo, imitando la sonoridad y la galanura de la dición en los pasajes en que el original las emplea, así como tambien los frecuentes cambios del estilo elevado, que tanta fama ha dado al autor, al estilo llano y sencillo que usa muchas veces y que es mas propio para la exposicion de los principios y de las teorías científicas.

Me he tomado la libertad de hacer algunas adiciones en forma de notas y de dibujar algunas curvas, porque son raras, rarísimas, las veces que el autor se ocupa de nuestro país, y cuando lo hace no es con la exactitud que hubiera sido de desear. En un libro que se publica en Madrid, y en el cual aparecen datos de otras muchas partes, era conveniente que figurasen tambien algunos de los relativos á España, y que sin duda, por causas que no inquiero, no han llegado á noticias del autor. Me he permitido tambien hacer algunas observaciones referentes al mismo texto; pero esto lo he hecho con gran parsimonia y solo en aquellos puntos en que tenia interés en que mis opiniones no aparecieran conformes con las de Flammarion.

Dos palabras para terminar, referentes á la parte material del libro. El original francés es una edicion de todo lujo; elegante, aunque no correctamente impresa — porque abundan en ella las erratas de consideracion, — y llena de grabados en madera y de preciosas láminas cromolitografiadas: la traduccion se presenta bajo una forma mucho mas modesta; pero que por serlo se presta mejor al objeto que el autor se propone; á generalizar los conocimientos científicos, lo cual es mas fácil de conseguir con una edicion económica que con una de lujo, que por consiguiente es cara y asequible solo para las personas de cierta posicion.

Esta circunstancia de gran baratura, contribuirá sin duda á dar gran salida al presente libro; y si en Francia han bastado pocos meses para que se agote la primera edición, no se necesitarán muchos para que sea preciso en España traducir la tercera, y las sucesivas que el autor se promete publicar, exponiendo los adelantos que presiente en la meteorología, y que han de hacer de esta una ciencia tan exacta como la Astronomía, á que llama con bastante propiedad *su hermana mayor*.

PREFACIO.

In ea vivimus, movemur, et sumus.

¿Será posible encontrar entre todos los asuntos que pueden estimularnos al estudio, alguno que presente un interés mas directo, mas permanente, mas importante que aquel de que vamos á ocuparnos? La Atmósfera es la que hace vivir á la Tierra. Mares, lagos, rios, arroyos, paisajes, bosques, plantas, animales, hombres, todo vive en la Atmósfera y por la Atmósfera. Océano aéreo que circunda la Tierra, baña con sus olas las montañas y los valles, y nosotros vivimos en ella y penetrados por ella. Como un fluido vivificador se introduce al través de nuestros pulmones, que la respiran, inaugura la débil existencia del niño recién nacido y recibe el último suspiro del moribundo que yace sobre el lecho del dolor. Ella es la que derrama el verdor sobre las risueñas praderas, alimentando las modestas florecillas lo mismo que los corpulentos árboles que almacenan en sus entrañas el calor solar, para devolvérselos mas tarde. Ella es la que adorna con su azulada bóveda el planeta en que vivimos, y le transforma en una morada donde nos encontramos como si fuéramos los únicos habitantes del infinito, como si fuéramos los dueños del universo. Ella ilumina esa misma bóveda con la suave claridad de los crepúsculos, con los flamígeros resplandores de la

aurora boreal, con las vibraciones del relámpago, con los multiplicados fenómenos aéreos. Ya nos inunda de luz y de calor; ya nos cubre con un cielo sombrío; ya dibuja nubes de todas las formas y de todas las tintas, ya vierte á torrentes la lluvia sobre las sedientas campiñas. Es el vehículo de los suaves perfumes que bajan de las colinas, de los sonidos que permiten á los séres vivientes comunicarse entre sí, del canto de las aves, de los suspiros del bosque, del mugido de las olas espumosas. Sin Atmósfera el planeta estaria inerte y árido, silencioso y muerto; con ella está poblado de habitantes de todas clases. Sus indestructibles átomos se incorporan sucesivamente en todos los organismos vivientes: nuestros cuerpos, los de los animales, los de las plantas no son otra cosa, por decirlo así, que aire solidificado. La molécula que se escapa de nuestra respiracion se fija en una planta, y despues de un largo viaje vuelve á formar parte del organismo humano: los mismos elementos se agrupan para formar unos tras otros los diferentes séres, y todo cuanto respiramos, bebemos y comemos ha sido ya respirado, comido y bebido millones de veces por séres anteriores á nosotros: muertos y vivos, la misma es la sustancia que nos forma..... ¿Qué estudio puede haber de un interés mas grande y mas directo que el del fluido vital al que debemos nuestra manera de ser, y el mantenimiento de nuestra vida?

El conocimiento de la Atmósfera, de su estado físico, de sus movimientos, de su intervencion en el trabajo de la vida, de las fuerzas que se desplegan en su seno, de las leyes á que obedecen sus fenómenos, forma una rama especial de los conocimientos humanos. Esta ciencia que se conoce desde el tiempo de Aristóteles con el nombre de *Meteorología*, se relaciona por una parte con la Astronomía,

que nos enseña los movimientos del planeta alrededor del Sol, movimientos á que se deben el dia y la noche, las estaciones, los climas, la accion solar, en una palabra, la base de la Meteorología; y se relaciona por otra parte con la Física y con la Mecánica que esplican y miden las fuerzas desarrolladas. Tal como hoy podemos formularla, la *Meteorología* es una *ciencia nueva*, sumamente moderna, cuyos principios apenas están formados aun en el momento en que escribimos estas líneas.

Asistimos á su elaboracion; al gran trabajo de su nacimiento. Durante la generacion actual se han fundado las sociedades meteorológicas de las diversas naciones de Europa y se han establecido observatorios especiales para el estudio esclusivo de los fenómenos de la Atmósfera. El análisis de los climas, de las estaciones, de las corrientes, de las periodicidades, apenas se ha concluido aun. El exámen de las perturbaciones atmosféricas, de los movimientos tempestuosos, de las tormentas, se ha hecho á nuestra vista por decirlo así. La ciencia de la Atmósfera es la ciencia que está á la órden del dia. Estamos hoy, bajo este punto de vista, en una situación análoga á aquella en que se hallaba la Astronomía moderna en tiempo de Keplero. La Astronomía se fundó en el siglo XVII. La Meteorología será la obra del siglo XIX.

He querido reunir en esta obra todo lo que se sabe actualmente de positivo acerca de este grandioso asunto; he querido representar tan completamente como me ha sido posible el estado actual de nuestros conocimientos acerca de la Atmósfera y de sus efectos, es decir, acerca del aire, la temperatura, las estaciones, los climas, los vientos, las nubes, las lluvias, los huracanes, las tormentas, el rayo, los meteoros; en una palabra, acerca de la marcha del

tiempo y sobre todo, acerca del mantenimiento general de la vida terrestre. En ella aparece una síntesis de los trabajos verificados desde hace medio siglo, y especialmente en los últimos veinticinco años con relacion á los grandes fenómenos de la naturaleza terrestre, y á las fuerzas que los producen. La mayor parte de nosotros, hombres de la Tierra, cualquiera que sea la nacion á que pertenezcamos, vivimos en este mundo sin darnos cuenta de nuestra situacion, sin preguntarnos qué fuerza es la que prepara nuestro pan de cada dia, la que madura nuestro vino, la que preside á la metamorfosis de las estaciones, la que despliega sobre nuestras cabezas la alegría de un cielo puro, ó la tristeza de las continuadas lluvias y de los frios nebulosos del invierno. Y sin embargo, ¿para qué sirve vivir si hemos de permanecer en semejante ignorancia?—Me atrevo á esperar que despues de leer esta obra será mas fácil darse cuenta del estado de la vida del globo: todo cuanto pasa á nuestro alrededor nos interesa, cuando en vez de permanecer como ciegos de nacimiento, hemos aprendido á apreciar los fenómenos y á comunicarnos de un modo inteligente con la Naturaleza.

Hubiera deseado alejar de este libro, destinado á la generalidad de las personas, los números y los procedimientos científicos que constituyen su base; he hecho para conseguirlo todo cuanto he podido; pero no he querido sacrificar nada á la exactitud y á la precision de los hechos observados. Me ha parecido por otra parte que lo que se llama el público, es decir, todo el mundo, se ha hecho algun tanto científico desde que tantas notables publicaciones han difundido por sus filas nociones que hasta ahora estaban reservadas á un corto número de elegidos. Los sucesos de estos últimos años 1870 y 1871 no han podido dar por re-

sultado el hacernos menos graves. No somos tan frívolos como en los tiempos en que nos apasionábamos por novelas, por comedias, ó por cuentos de brujas, y al parecer estamos mas dispuestos que nunca á emplear útilmente el tiempo que podemos dedicar á la lectura, y á dotar nuestra inteligencia de nociones exactas y fecundas. Y seguramente no hay poema, no hay situacion dramática, no hay novela en que pueda oirse, verse ó leerse tanta poesía, como en el libro de la Naturaleza.

Si la forma de esta obra puede cautivar la atencion y esponer dignamente los admirables asuntos de que vamos á hablar, será en virtud del concurso que me han prestado hábiles artistas, esparciendo profusamente las pinturas y los dibujos en toda la estension del libro. Sea permitido al autor, proclamar aquí, que el editor de una publicacion como esta, contribuye algo, y aun mucho, al mérito que pueda tener. Para cualquier obra científica es un inmenso y magnífico complemento, el estar ilustrada por esos dignos intérpretes de la naturaleza y de la ciencia, que saben representar de un modo agradable para la vista, lo que la pluma no podria describir sino con pesadez y cansancio. Daré pues, gracias en este punto á M. Ciceri, por el talento con que ha sabido pintar y reproducir por medio de los maravillosos procedimientos de la cromolitografía los principales cuadros de esta obra; á MM. Achard, Berchére, Karl Girardet, Marie, Silbermann y Weber por los dibujos de paisajes y efectos meteorológicos; á MM. Bayard, Clerget, Férat, Jahandier, Mesnel, Rapine, Sellier y Tournois por los grabados en madera que ilustran bajo tantos puntos de vista esta descripcion de los grandes fenómenos de la naturaleza; y por último á M. Hansen por el esmero que ha demostrado al dibujar las curvas geomé-

tricas, diagramas y mapas, complemento sensible de los datos numéricos observados.

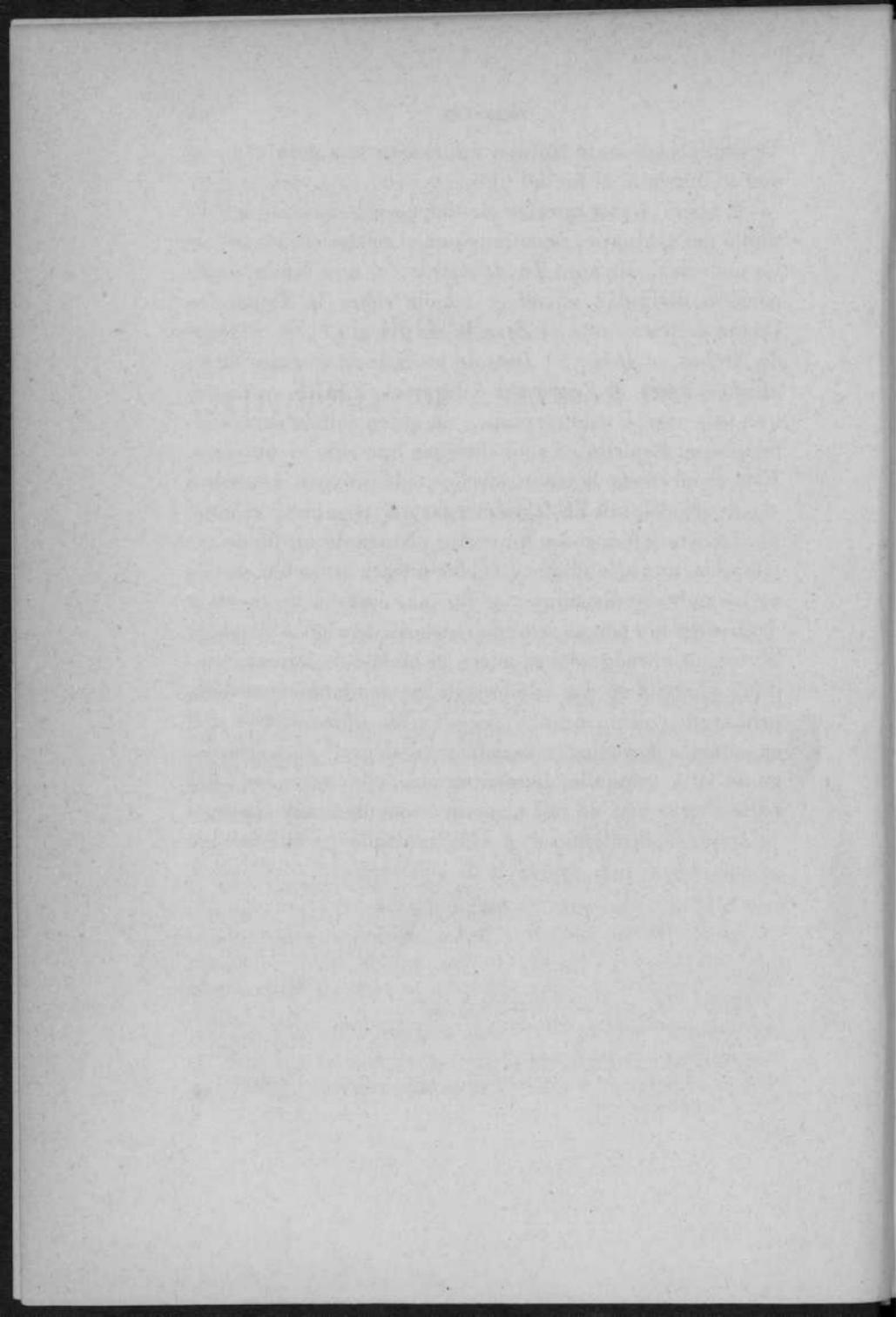
La primera edición de esta obra, publicada en diciembre de 1871, se ha agotado en pocas semanas; y no ha contribuido poco á este resultado, la benevolencia que ha merecido á la prensa, á pesar de las preocupaciones políticas. Es pues para mí un deber espresar aquí á mis ilustrados compañeros toda la gratitud que siento por la simpatía con que la han acogido.

He revisado con mucho esmero todo el trabajo antes de entregarle otra vez á la imprenta: he procurado sobre todo darle mayor concision, y modificando un poco el plan primitivo y colocando en apéndices todos los detalles técnicos, creo que he conseguido darle, al par, unidad y simetría. He tenido tambien presentes, hasta el último momento de la reimpression, las observaciones nuevas y las discusiones recientes de la meteorología contemporánea.

No puedo entrar tampoco en materia sin rendir un tributo de gratitud, por una parte al ilustrado M. Delaunay, nuevo director del Observatorio de París y á su laborioso compañero M. Marié-Davy, director del servicio meteorológico; y por otra á M. Ch. Sainte-Claire-Deville, presidente de la comision del Observatorio de Montsouris y á M. Renou, el mas escrupuloso de los meteorologistas, por la colaboracion que me han prestado en algunos puntos de este largo trabajo. Tambien debo dar gracias especiales al venerable director del Observatorio de Bruselas M. Quetelet, y á M. Glaisher, director del servicio meteorológico del Observatorio Real de Inglaterra por los inapreciables datos que me han suministrado. Además todas las obras que he consultado, y por medio de las cuales he podido completar mis estudios meteorológicos y llevar á feliz término la re-

dacion del presente trabajo, figuran en una nota especial que se insertará al fin del libro.

Y ahora, lector querido sin detenernos mas en el vestibulo del santuario, penetremos en el misterioso mundo de los meteoros. Hé aquí *La Atmósfera*, el aire luminoso, la primera divinidad amada y temida sobre la Tierra, el DYAUS del Sanscrito, el *Zeus* de los griegos el *θεος* (Theos) de Atenas, el *Dies* y el *Deus* de los latinos; el padre de los mismos dioses, el *Zeus-pater* ó Júpiter! el AIRE en fin, en que todo vive y todo respira, y en quien saludaban las mitologías al Espíritu creador invisible que rige el universo. Está es en efecto la manifestacion mas próxima á nosotros y mas sensible, de las leyes eternas que organizan el mundo. La Atmósfera rodea á nuestro planeta de un fluido vivificador, anuncia el dia y vuelve á traer la noche; sostiene las nubes y distribuye las lluvias, acaricia la violeta y desarraiga la encina; fecunda ó esteriliza; abrasa ó congela; mezcla el fuego del rayo con el hielo del granizo, solidifica el agua en las cumbres de las montañas; nos dá la primavera y el invierno, y reina en fin sobre nosotros, con su carácter movedido y variable, ya alegre, ya taciturna, en un sitio tranquila, furiosa en otro, ejerciendo en todas partes su accion de mil maneras y manteniendo desde el principio de los tiempos la vida múltiple y brillante que se manifiesta en la superficie de la Tierra.



LIBRO PRIMERO.

NUESTRO PLANETA Y SU FLUIDO VITAL.

CAPITULO PRIMERO.

EL GLOBO TERRÁQUEO.

Conducido por las leyes misteriosas de la gravitacion universal, navega nuestro globo en el espacio con una rapidez de que el pensamiento apenas puede darse cuenta. Imaginemos una esfera absolutamente libre, aislada por todas partes, sin apoyo ni sosten, colocada en el centro del vacío eterno. Si esta esfera fuese única en la inmensidad, quedaria de este modo suspensa, inmóvil y sin tendencia á caer hácia un lado mejor que hácia el otro. Fija eternamente en el infinito, seria á la vez el centro y la totalidad del universo, en ella estarian lo superior y lo inferior, la derecha y la izquierda del mundo, y constituiría por sí sola la creacion entera. La astronomía, la fisica, la mecánica y la historia natural en todos sus ramos, estarian encerradas en los límites de su conocimiento. Pero la Tierra no es el único mundo que existe en el espacio. Millones de cuerpos celestes se han formado como ella en el inmenso espacio de los cielos, y su coexistencia establece entre ellos relaciones inherentes á la misma constitucion fisica de la materia. La Tierra en particular, pertenece á un sistema

de planetas análogos á ella, que tienen el mismo origen y el mismo destino, situados á diversas distancias alrededor de un mismo centro, y cuyos movimientos están regidos por la misma causa motriz. Este es nuestro sistema planetario, compuesto principalmente de ocho mundos que giran respectivamente en órbitas cada vez mayores, la última de las cuales llega á tener 7,000 millones de leguas de estension. El Sol, astro colosal 1.280,000 veces mayor que la Tierra, y 324,000 veces mas pesado que ella, ocupa el centro de estas órbitas, ó para hablar con mas exactitud uno de los focos de las elipses casi circulares que las constituyen. Alrededor de este astro gigantesco se verifican las revoluciones de los planetas, que se efectúan con una velocidad indescriptible, proporcional á la longitud de las circunferencias que deben recorrer. Lejos de estar inmóvil como á nosotros nos parece, el globo que habitamos viaja á la distancia media de 37 millones de leguas del Sol, en el seno de la inmensidad etérea, recorriendo una órbita que no mide menos de 235 millones de leguas, en 365 dias y 6 horas. Es decir que corre girando por el espacio con una velocidad de 660,000 leguas al dia ó de 27,500 leguas por hora..... (1)

El tren express mas rápido, arrastrado por el devorador empuje de las alas de fuego del vapor, no puede recorrer á lo sumo mas de 100 kilómetros por hora, es decir, 25 leguas. En los caminos invisibles de cielo, la Tierra marcha con una velocidad 1,100 veces mas grande; y la diferencia es tal que seria imposible representarla geoméricamente por medio de una figura. Si se representase solamente por 1 milímetro la longitud recorrida en una hora por una locomotora Crampton, seria menester trazar á su lado una línea de 1 metro y 10 centímetros para representar el camino proporcional recorrido por nuestro planeta en el mismo tiempo. Ninguna máquina en movimiento podria, pues, seguir al globo en su carrera. Como punto de comparacion añadiré que la marcha de una tortuga es cerca de

(1) Son leguas francesas de 4 kilómetros: la velocidad media de la Tierra es de unos 80 kilómetros por segundo.

1,100 veces mas lenta que la de un tren express. Si fuera posible poner un tren express á correr detrás de la Tierra, seria lo mismo que poner una tortuga á correr tras de un tren express.

Situados, como estamos nosotros, alrededor del globo, animalillos infinitamente pequeños, adheridos á su superficie por la atraccion central y arrastrados en su movimiento, no podemos apreciar este, ni siquiera conocerle directamente. Solo por la variacion de lugar de las perspectivas celestes, que es su consecuencia, y por el cálculo, hemos podido—y esto únicamente desde hace pocos siglos—conocer su naturaleza, su forma, y su valor. En la cubierta de un buque en el compartimento de un wagon ó en la barquilla de un globo aerostático no podemos tampoco darnos cuenta del movimiento que nos lleva, porque participamos de este movimiento, y porque en realidad nosotros estamos inmóviles en la cámara de la nave que marcha, ó del rápido tren, lo mismo que bajo el globo aerostático, que á su vez está inmóvil respecto de las moléculas de aire que le rodean. Sin objetos de comparacion, estraños al movimiento, nos seria imposible apreciarle. Para formarnos una idea del poder indescriptible que arrastra sin cesar por el infinito, la Tierra en que habitamos seria necesario que nos supusiéramos colocados, no en la superficie del planeta, sino fuera de él, en el espacio y no lejos de la línea etérea, á lo largo de la cual se verifica su carrera impetuosa. Entonces podemos suponer, que veríamos á lo lejos, á nuestra izquierda una estrella, brillando entre las demás en la noche del espacio. Despues nos pareceria que esta estrella crecia y se aproximaba. Pronto nos presentaria un disco sensible, parecido al de la Luna, en el cual podríamos reconocer manchas formadas por la diferencia óptica de los continentes y de los mares, por las nieves de los polos y por las fajas nebulosas de los trópicos. Trataríamos de reconocer en este globo creciente los principales contornos geográficos visibles á través de los vapores y de los nublados de la atmósfera, y hácia el centro de la masa de los continentes, acabaríamos acaso por adivinar nuestra pequeña Francia, —que ocupa próximamente la milésima parte del globo—

cuando repentinamente irguiéndose en el cielo y sirviendo como de cúpula á la inmensidad, apareciese el globo á nuestra vista aterrada, como un gigante salido de los abismos del espacio! Despues, con una gran rapidez y sin darnos tiempo casi para reconocerle, el coloso pasaria delante de nosotros y huiria por nuestra derecha disminuyendo rápidamente de magnitud y hundiéndose silencioso en las negras simas del vacío eterno.....

Sobre este globo habitamos y vamos arrastrados por él, á la manera con que una bala de cañon lanzada en el espacio, arrastra las partículas de polvo que se adhieren á su giratoria superficie.

¡Cuán lejos se encuentra esta verdad del antiguo error que representaba la Tierra como el estribo de la bóveda del firmamento! Durante el imperio de esta ilusion, tan antigua, — y tan difícil de desarraigar de ciertas imaginaciones, aun en nuestra misma época — la Tierra se consideraba como si formase por sí sola el universo vivo, la naturaleza entera. Era el centro y el objeto de la creacion, y el resto infinito del espacio era un extenso y silencioso desierto. Habia en el universo una region superior, el cielo, el empireo..... y una region inferior: la Tierra, el limbo, el infierno.....; el misticismo habia creado el mundo para la sola humanidad terrestre, centro de las voluntades divinas. Hoy sabemos ya que el cielo no es otra cosa que el espacio sin límites, y que la Tierra está en el cielo lo mismo que los demás astros: contemplamos en el espacio otros mundos parecidos al nuestro; la noche estrellada habla á nuestro espíritu con una nueva elocuencia; y á través de los espacios insondables abiertos por el telescopio á nuestra estudiosa curiosidad, saludamos á otras humanidades hermanas nuestras que viven, como nosotros, en la superficie de otros mundos! Coronamiento sublime de la astronomía matemática y física, el nuevo aspecto filosófico de la creacion desarrolla ante nuestras conciencias el reinado universal de la vida y del pensamiento: el globo terráqueo con su humanidad no es mas que un átomo arrojado en el seno del infinito, una de las innumerables ruedas que por millones de millones constituyen el misterioso mecanismo del

mundo físico y moral. Nuestro sistema planetario, á pesar de su inmensidad si se le compara con el microscópico volumen de nuestra Tierra, se desvanece con su radioso Sol, ante la estension y el número de las estrellas, centros solares de otros tantos sistemas planetarios distintos. La vista asombrada encuentra en el infinito, soles lejanos cuya luz emplea centenas y millones de millones de años para llegar hasta nosotros, no obstante su inaudita velocidad de 77,000 leguas por segundo; mas lejos aun se vén pálidas agrupaciones de estrellas que vistas mas de cerca serian semejantes á nuestra Via láctea, y aparecerian compuestas de muchos millones de soles y de sistemas; todavía mas allá la vista y el pensamiento tratan de descubrir aquellas creaciones lejanas donde residen existencias desconocidas, donde se complimentan del mismo modo que aquí los misteriosos destinos de los séres....; pero el impulso de nuestras fatigosas concepciones se abate pronto, estenuado, rendido por aquel vuelo interminable á través de las regiones del infinito, y como el águila se detiene sobre una isla lejana, nuestra imaginacion ofuscada se asombra de no ver nunca ante sí otra cosa que el vestíbulo de una inmensidad que siempre se renueva.

Astro invisible, perdido entre el sinnúmero de astros que gravitan á todas las distancias imaginables del espacio infinito, la Tierra es impelida en su camino á través del cielo por diferentes movimientos, mucho mas numerosos y mas estraños de lo que generalmente creemos. El mas importante es el de *traslacion* que acabamos de considerar, y en virtud del cual corre alrededor del Sol á razon de 660,000 leguas por dia.—Otro movimiento, el de *rotacion*, la hace girar sobre sí misma, dar una vuelta completa en 24 horas: se vé desde luego examinando este movimiento del globo sobre sí mismo, que los diferentes puntos de la superficie terrestre tienen una velocidad diferente segun su distancia al eje de rotacion. En el ecuador, donde esta velocidad es la máxima, la superficie terrestre tiene que recorrer 10,000 leguas en 24 horas (el metro es la diezmillonésima parte del cuarto de círculo máximo, y este es igual por consiguiente á 40,000 kilómetros), es decir 417

por hora ó cerca de 7 por minuto. A la latitud de París, á la cual el círculo es sensiblemente mas pequeño, la velocidad es de 4 leguas y media por minuto. En Reikiavik, una de las ciudades mas avanzadas hácia el polo, la velocidad es de 3 leguas; en los mismos polos es nula (1).—El tercer movimiento, es el que constituye la *precesion de los equinoccios*: hace verificar al eje terrestre una revolucion sumamente lenta que no dura menos de 24,360 años, y en virtud del cual las estrellas del cielo varian cada año de posicion aparente, para no volver al mismo punto donde estaban sino despues de este gran ciclo secular.—El cuarto movimiento, hace variar de sitio constantemente el *afelio* y recorre su órbita en 21,000 años, de tal modo que en este otro ciclo las estaciones se substituyen sucesivamente.—El quinto movimiento hace oscilar la Tierra sobre el plano de la órbita que describe alrededor del Sol, y disminuye actualmente la *oblicuidad de la ecliptica*, para volver á inclinarla en el porvenir.—El sexto movimiento, debido á la accion de la Luna y llamado *nutacion*, hace describir al polo sobre la esfera celeste una pequeña elipse en 18 años y $\frac{2}{3}$.—El séptimo movimiento, causado por la atraccion de los planetas y principalmente por el mundo gigantesco de Júpiter y por nuestro vecino Vénus, ocasiona *perturbaciones* calculadas de antemano, en la línea descrita por nuestro planeta alrededor del Sol, elevándola ó deprimiéndola segun las variaciones de la distancia.—El octavo movimiento hace girar al Sol siguiendo una pequeña elipse cuyo foco está en el interior de la masa solar, y que hace girar todo el sistema planetario, alrededor de este *centro comun de gravedad*. Por último, el noveno movimiento, mas considerable y menos exactamente medido que los anteriores, aunque ya no puede dudarse de su existencia, es el *transporte* del sistema planetario entero, remolcado por el Sol á través de los cielos inconmensurables. El Sol no está inmóvil en el espacio sino que se mueve á lo largo de

(1) A la latitud de Madrid la velocidad de un punto colocado en la superficie de la Tierra es de 357 metros por segundo ó 1,285 kilómetros por hora.

una órbita gigantesca que actualmente se dirige hácia la constelacion Hércules. La velocidad de este movimiento general se calcula en 175,000 leguas al dia. Las leyes del movimiento inclinan á creer que el Sol gravita alrededor de un centro desconocido aun para nosotros; ¿cuál será la estension de la circunferencia ó de la elipse que describe, cuando la línea que ha recorrido durante todo un siglo se presenta aun bajo la forma de una línea recta! Tal vez el Sol marcha en línea recta hácia el infinito, arrastrando tras de sí todo su sistema de planetas y de cometas..... Y podria caer *eternamente*, sin llegar jamás al fondo del espacio, y sin que pudiéramos siquiera apercibirnos de esta inmensa caída, á no ser por el exámen minucioso de las perspectivas variables que presenta la posicion de las estrellas.

Estos diversos movimientos que conducen el planeta terrestre por el espacio, son conocidos, merced al número colosal de observaciones de las estrellas hechas desde hace mas de 4,000 años, y merced á la exactitud de los principios modernos de la mecánica celeste. Su conocimiento constituye la base esencial de la mas elevada y de la mas sólida de las ciencias. La Tierra está ya para siempre inscrita en la categoría de los astros, á pesar del testimonio de los sentidos, apesar de las ilusiones y de los errores seculares y sobre todo apesar de la vanidad humana que durante un largo tiempo habia hecho de ella con gran complacencia una creacion á su imágen. Solicitado por todos estos movimientos diversos, algunos de los cuales, como el de las perturbaciones, presentan una complicacion estrema, el globo terráqueo navega en el vacío, girando, balanceándose bajo variadas inflexiones, saludando á sus hermanos los otros planetas y corriendo con una velocidad incomprensible hácia un fin desconocido. Desde el principio del mundo, la Tierra no ha pasado dos veces por el mismo sitio, y el lugar que ocupamos en este mismo momento, se sepulta rápidamente detrás de nuestra estela para no volver jamás. La misma superficie terrestre, se modifica tambien á cada siglo, á cada año, á cada dia, y las condiciones de la vida cambian á través de la eternidad como á través del espa-

cio. De este modo el movimiento del mundo sigue su curso misterioso, y los séres y las cosas solo persisten, sufriendo continuas metamorfosis.

Apreciado como se ha visto el movimiento del planeta Tierra en el espacio, debemos agregarle, para completar su fisonomía astronómica, el movimiento con que la Luna gira en 29 días y medio alrededor del centro terrestre. La Luna es 49 veces mas pequeña y 81 veces menos pesada que la Tierra. Su acción sobre el Océano y sobre la Atmósfera puede sin embargo compararse á la acción del Sol, y es todavía mas considerable que ésta en la producción de las mareas: no es menos importante conocer su movimiento, que el del planeta terrestre alrededor del centro luminoso. En 27 días y 7 horas efectúa la Luna su movimiento circular alrededor de la Tierra; pero durante estos 27 días la Tierra no ha permanecido inmóvil, sino que por el contrario ha avanzado cierta cantidad en el espacio; la Luna emplea algo mas de 2 días para acabar su revolución y volver al mismo punto relativamente al Sol; lo que da 29 días y 12 horas para la *lunación* ó el ciclo de las fases. La revolución de los 27 días se llama revolución *sideral*, porque el astro vuelve en la esfera celeste á la misma posición relativamente á las estrellas; se vé que para volver á la misma posición relativamente al Sol, y terminar su revolución *sinódica*, nuestro satélite debe dar mas de una vuelta sobre la esfera celeste, añadiendo el camino que el planeta ha recorrido durante el tiempo de que se trata. Suponiendo la Tierra inmóvil, el movimiento de la Luna á su alrededor podría representarse por una circunferencia de círculo. En realidad es una línea sinuosa resultado de la combinación de ambos movimientos.

Tres astros llaman pues nuestra atención en la historia general de la naturaleza. El Sol, la Tierra y la Luna. Están sostenidos en el espacio, aislados y segun sus pesos respectivos. El Sol pesa 2 quintillones de kilogramos (2 seguido de 30 ceros) (1). La Tierra 5 cuatrillones y

(1) Es sabido que la numeración francesa no es exactamente igual á la española; pasado el primer período de seis cifras, es decir los millones,

875,000 trillones de kilogramos; la Luna 72,000 trillones. El Sol es 350,000 veces mas pesado que la Tierra, y ésta 81 veces mas pesada que la Luna. El Sol tiene á la Tierra sujeta, por decirlo así, á 37 millones de leguas de distancia; la Tierra mantiene del mismo modo á la Luna bajo la influencia de su masa, á una distancia de 96,000 leguas.

Gravitando de este modo alrededor del astro luminoso el planeta terrestre bañado constantemente por sus rayos, presenta sucesivamente sus diversos meridianos á los fecundos efluvios de su luz. La mañana sucede á la tarde, y la primavera al otoño. La noche y el invierno, no son mas que el tránsito de una luz á otra. El calor solar mueve incesantemente la fábrica colosal de la Atmósfera terrestre, y forma los vientos, las tempestades y las brisas; conserva el agua líquida y el aire gaseoso; eleva las aguas inagotables del Océano formando las nieblas, las nubes, las lluvias, las tempestades; organiza, en fin, el sistema permanente de la vida del globo.

Este sistema de circulacion es el que vamos á estudiar en esta obra, con los variados fenómenos que constituyen este mundo, fantástico y poderoso á la vez, de la Atmósfera. Este sistema es vasto y grandioso, porque de él depende por completo toda la vida terrestre. Estudiándolo, aprenderemos, pues, á conocer la organizacion misma de la vida, en este interesante planeta, que temporalmente habitamos.

los franceses hacen períodos de tres, que denominan, milliard ó billon, trillon etc., mientras que los españoles, no damos estos nombres sino á periodos que como el primero tienen seis cifras. Por esta razon he traducido como debia, quintillones en vez de nonillones. En la segunda edicion francesa de esta obra aparecen los números que hemos estampado y que se diferencian de los adoptados generalmente mas aun de los que aparecian en la primera. Segun los datos insertos en el Anuario del Observatorio de Madrid correspondientes á 1873, el Sol pesa 354 mil veces mas que la Tierra y esta 88 veces mas que la Luna. El volúmen del Sol es 1.404,928 veces mayor que el de nuestro planeta y por consiguiente su densidad la cuarta parte de la densidad media de este.

(N. d. I. T.)

CAPÍTULO II.

LA ENVOLVENTE ATMOSFÉRICA.

El globo que acabamos de considerar circulando en el espacio en alas de la gravitacion universal, está cubierto de una capa gaseosa que se adhiere á toda su superficie esférica. Esta capa fluida se encuentra uniformemente repartida alrededor del globo y le circunda por todas partes. Hemos comparado la Tierra en el espacio á una bala de cañon lanzada en el vacío: suponiendo que esta bala estuviera rodeada de una capa delgada de vapor que no llegára á un milímetro de grueso, y que estuviera adherida á toda su superficie, nos formaremos una imágen de la situacion de la Atmósfera alrededor del globo terráqueo. Precisamente de esta situacion se deriva el nombre de la Atmósfera (*Ἄτμός*, vapor; *Σφαῖρα*, esfera); es en efecto como una segunda esfera gaseosa concéntrica con la esfera sólida del globo.

Generalmente se piensa poco en el valor, en la importancia de esta envolvente atmosférica, y sin embargo ella es la que nos hace vivir. Por su medio respira la Tierra toda. Las plantas, los animales, los hombres, encuentran en ella la primera condicion de su existencia. De tal modo se halla constituida la organizacion terrestre, que la Atmósfera es la soberana de todo, y que el sábio puede decir de ella lo que el teólogo decia del mismo Dios: en ella vivimos nos movemos y estamos. Condicion suprema de las existencias terrestres, no forma solo la fuerza virtual de la

Tierra, sino tambien su adorno y su perfume. Envolvedo nuestro planeta errante como la caricia eterna de una afecion inmutable, conduce suavemente la Tierra por los helados campos del cielo calentándola con una solicitud incesante, y dando atractivo á su viaje solitario con las dulces sonrisas de la luz y con los caprichos de los meteoros. No tiene por único objeto, como veremos pronto, alimentar todos los pechos y vivificar todos los corazones, sino que su accion mas general es la de guardar cuidadosamente en la superficie terrestre el tibio calor que nos llega del lejano Sol, procurar que no se acabe nunca, y conservar á nuestro planeta la temperatura normal de la vida que le ha sido señalada: funcion que se manifiesta en las corrientes regulares, en los vientos, en las lluvias, las tempestades y las borrascas. Y este trabajo infatigable le oculta ordinariamente bajo la apariencia de un festejo, bajo el velo de una coquetería que no deja traslucir su poder. En un sitio los maravillosos efectos ópticos del aire descubren los preparativos del vapor de agua, en otro las magnificencias de una puesta de sol cautivan la vista asombrada; mas lejos, la Tierra palpita bajo la imponente radiacion de las auroras boreales, ó se alumbrá el cielo con las iluminaciones meteóricas: y por cima de todos estos primores domina la misteriosa é indescriptible transparencia de una noche estrellada. Si alguna ley suprema nos privara un dia de esta suave Atmósfera, la Tierra giraria bien pronto helada en los desiertos del espacio, no llevando sobre sí mas que cadáveres inmóviles y paisajes mudos, convertida en un sepulcro inmenso que marcharia silencioso por las lúgubres regiones del infinito.

El aire es el primer lazo de las sociedades. Si la Atmósfera se diluyese en el espacio, un silencio eterno, cerniéndose sobre una mansion siniestra de inalterable inmovilidad, seria la suerte reservada á la superficie terrestre, adornada hoy con la lujosa y fresca actividad de la vida. Nosotros no pensamos en ello, porque nos olvidamos de la naturaleza; pero el aire es el gran medio de propagacion del sonido, el fluido á través del cual viajan nuestras palabras, el vehéculo del lenguaje, de las ideas, de las

relaciones sociales. ¿Qué seria el mundo sin la palabra?

Es tambien el primer elemento del tejido de nuestros cuerpos. Nosotros somos aire organizado, la respiracion constituye las tres cuartas partes de nuestra nutricion; la última cuarta parte la tomamos de los alimentos, sólidos ó líquidos, en los cuales aun dominan el oxígeno, el vapor de agua, el nitrógeno, el ácido carbónico. Además, aquellas moléculas que se encuentran hoy incorporadas á nuestro organismo, se escapan de él en la espiracion, la transpiracion etc., y permanecen formando parte de la Atmósfera durante un tiempo mas ó menos largo para incorporarse despues á otro organismo, planta, animal ú hombre. Los átomos que constituyen actualmente vuestro cuerpo, ¡oh lector ó lectora que volveis esta página, no estaban todos ayer mismo en vuestra persona, y ninguno de ellos estaba hace muy pocos meses. ¿Dónde se hallaban?—En el aire ó en otros cuerpos. Todos los átomos que forman en este instante vuestros tejidos orgánicos, vuestros pulmones, vuestros ojos, vuestro cerebro, vuestras piernas, etc., han servido ya antes para formar otros tejidos orgánicos..... Todos nosotros somos muertos resucitados, fabricados con el polvo de nuestros abuelos. Si todos los hombres que han vivido hasta este año resucitasen, habria 5 por cada pie cuadrado, en toda la superficie de los continentes, y tendrían que ocupar el mundo subidos los unos sobre los hombros de los otros; pero no podrian resucitar todos íntegramente porque han sido formados poco mas ó menos con la misma materia, que ha servido sucesivamente para su constitucion. Y del mismo modo nuestros órganos actuales, divididos un dia en sus últimas partículas, se encontrarán incorporados á nuestros sucesores, y mi mano derecha que escribe este renglon en este instante, se disolverá absolutamente en una época cercana, y los elementos que la constituyen florecerán en una planta, volarán con un pájaro, ejercerán su accion con el cuerpo de otro hombre. Vehículo constantemente renovado de las emanaciones de los átomos terrestres, el aire establece de este modo una fraternidad universal é indisoluble entre todos los hombres, entre todos los séres.

Metamórfosis incesante de los seres y de las cosas, entre los productos de la naturaleza y las movibles ondas de la Atmósfera, se verifica sin interrupcion un cambio, en virtud del cual los gases del aire se fijan en los animales, en las plantas ó en las piedras, mientras que los elementos primitivos, incorporados por un momento en los organismos ó en las capas terrestres, se desprenden y recomponen el fluido aéreo. Cada partícula de aire pasa, pues, eternamente de una vida á otra vida, y se exhala de una muerte á otra muerte; ya viento, ya ola, ya tierra, ya animal, ya flor, se emplea sucesivamente en formar la sustancia de mil seres diversos. Manantial inagotable, donde toma aliento todo aquello que vive, es el aire tambien un depósito inmenso donde todo aquello que muere exhala su último suspiro: bajo su accion, todos los organismos vegetales y animales nacen y mueren. La vida y la muerte se hallan á la vez en el aire que respiramos y se sustituyen perfectamente por el cambio de las moléculas gaseosas; el átomo de oxígeno que se desprende de la añosa encina, vuela á los pulmones del niño que está en la cuna; los últimos suspiros del moribundo van á tejer la brillante corola de la flor y á esparcirse como una sonrisa por la verde pradera. La brisa que acaricia suavemente los tallos de las plantas, transformada mas lejos en tempestad, desarraiga los árboles seculares y hace zozobrar las embarcaciones; y de este modo por una cadena infinita de muertes parciales, la Atmósfera alimenta constantemente la vida universal estendida por toda la superficie de la Tierra.

La incansable actividad de la envolvente aérea es la que forma, alimenta y mantiene la alfombra vegetal que se extiende por la superficie de los continentes. Desde la mas insignificante mata de yerba hasta el grandioso baobal, todo este tapiz rico y variado encuentra en el aire las condiciones de su existencia, y cubre de un adorno que se renueva sin cesar, el esqueleto geológico del globo, que no saldria de su fria y áspera desnudez sin el humus vegetal que con el transcurso de las estaciones forma sobre él la Atmósfera.

La Atmósfera, manteniendo la circulacion vital de la

Tierra por los continuos cambios á que sirve de vehículo, es tambien el laboratorio aéreo y sùtil del espléndido mundo de los colores, que animan la superficie de nuestro planeta. Gracias á la reflexion de los rayos azules, toman el cielo y las alturas lejanas del horizonte aquellas hermosas tintas de esmalte, que varian con la altitud de lugar, con la cantidad de vapor de agua, con el contraste de las nubes; á causa de la refraccion que sufren los rayos luminosos, al pasar oblicuamente á través de las capas de aire, anuncian el Sol por la mañana las suaves y puras tintas de la aurora, y el mismo astro se manifiesta en el horizonte antes de la hora astronómica de su salida; por un fenómeno semejante, se le vé por las tardes retardar aparentemente su marcha para ocultarse detrás del horizonte, y dejarnos, aun despues de haber desaparecido, las fantásticas antorchas de su ardiente postura, vagando en las alturas del Poniente. Sin la envoltente gaseosa de nuestro planeta, no veríamos jamás esos juegos de luz tan variados, esas armonías cambiantes de los colores, esas transformaciones progresivas de las tintas delicadas que alumbran el mundo, desde la luz abrasadora del Sol de estío, hasta las sombras que estienden su discreto velo en el fondo de los espesos y silenciosos bosques. Tenemos en la astronomía ejemplos variados que nos ofrecen otros tantos tipos de diferentes iluminaciones atmosféricas. Mientras que en Vénus por ejemplo, distinguimos fácilmente en los meridianos de Levante ó de Poniente, el alba y el anochecer segun la rotacion del planeta, cuyo dia es casi igual al nuestro, en la Luna por el contrario, no vemos jamás ni crepúsculos ni penumbras, porque el cielo de este mundo tan próximo á nosotros está siempre oscuro, estrellado de dia y de noche, y desprovisto como el suelo lunar, de las coloraciones vaporosas que forman la hermosura de nuestros paisajes.

El estudio de la Atmósfera abarca tambien el conjunto de las condiciones de la vida terrestre. La nocion de la vida se une de tal modo, en todas nuestras concepciones á la de las fuerzas que vemos trabajar continuamente en la naturaleza ya criando, ya destruyendo, que los mitos de los pueblos primitivos han atribuido siempre á estas fuerzas,

la creacion de las plantas y de los animales, y han presentado la época anterior á la vida como un caos primitivo, como la lucha de los elementos. «Si no se considera el estudio de los fenómenos físicos en sus relaciones con nuestras necesidades materiales, dice A. Humboldt, y si en su influencia general sobre los progresos intelectuales de la humanidad, se encuentra como el resultado mas alto y mas importante de esta investigacion, el conocimiento de la coexion de las fuerzas de la naturaleza, el sentimiento íntimo de su mútua dependencia. La intuicion de estas relaciones es la que ensancha nuestras miras y ennoblece nuestros goces. Esta amplitud de miras es obra de la observacion, de la meditacion y del espíritu del tiempo, en el cual se concentran todas las direcciones del pensamiento. La historia revela, á aquel que sabe subir, al través del transcurso de los siglos anteriores, hasta las profundas raíces de nuestros conocimientos, cuanto ha trabajado el género humano desde hace millares de millones de años para deducir, de variaciones renovadas sin cesar, la invariabilidad de las leyes naturales, y para conquistar poco á poco una gran parte del mundo físico, por la fuerza de la inteligencia.»

La naturaleza, estudiada racionalmente, es decir, sometida en su conjunto al trabajo del pensamiento, es la unidad en la diversidad de los fenómenos, la armonía entre todo lo criado, que difiere, por su forma, por su constitucion propia, por las leyes que lo animan; es el todo (τὸ πᾶν) empapado en un aliento vital. El resultado mas importante de un exámen racional de la naturaleza es distinguir la unidad y la armonía en esta inmensa reunion de cosas y de fuerzas, adoptar con un mismo celo lo que se debe á los descubrimientos de siglos anteriores y lo que es la obra del nuestro, analizar detalladamente los fenómenos sin dejarse abrumar por su magnitud. De esta manera puede el hombre hacerse digno de sus altos destinos; penetrando el sentido de la naturaleza, descubriendo sus secretos, dominando por medio del racionio, los materiales que se han recogido por medio de la observacion.

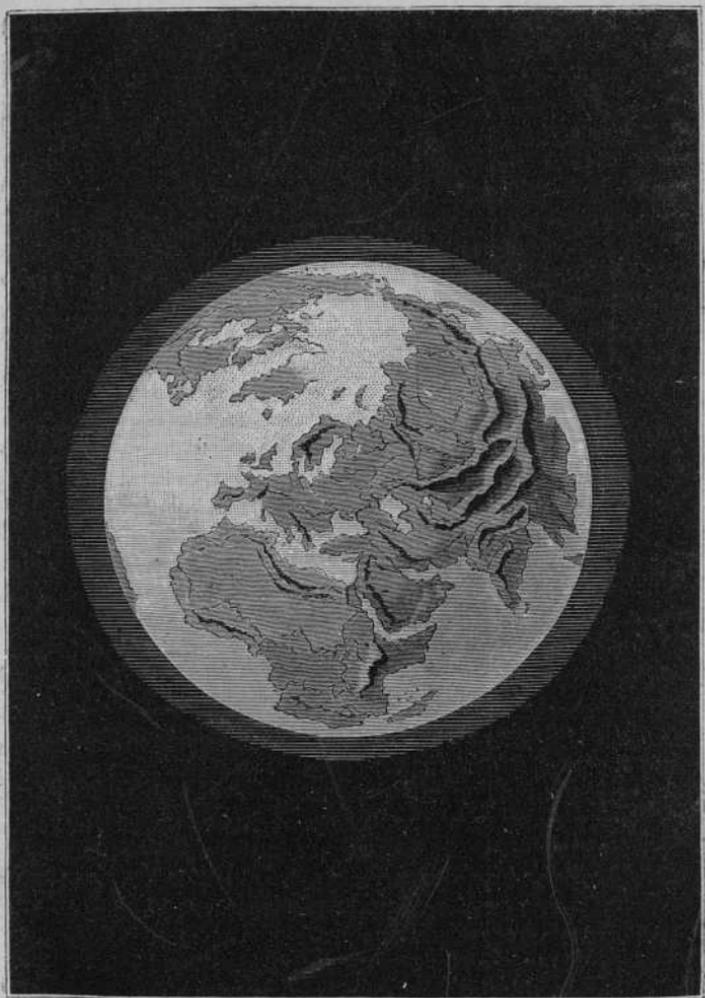
Ahora, ya podemos contemplar nuestro planeta, vogan-

do por el espacio, sin abandonar la envolvente aérea que le circunda. Nuestra imaginación concibe claramente la forma general de esta esfera gaseosa y relativamente delgada que rodea el globo sólido. Algunos oyentes de Cursos y de Conferencias sobre astronomía me han dicho que antes de ilustrarse convenientemente sobre este punto, creían que el aire llenaba el espacio y que la Tierra se apoyaba en él y dentro de él se movía. No es así; por el contrario la Atmósfera es la que está sostenida por la Tierra; esta no se halla sostenida en la inmensidad por otra cosa que por el poder invisible de la gravitación universal.

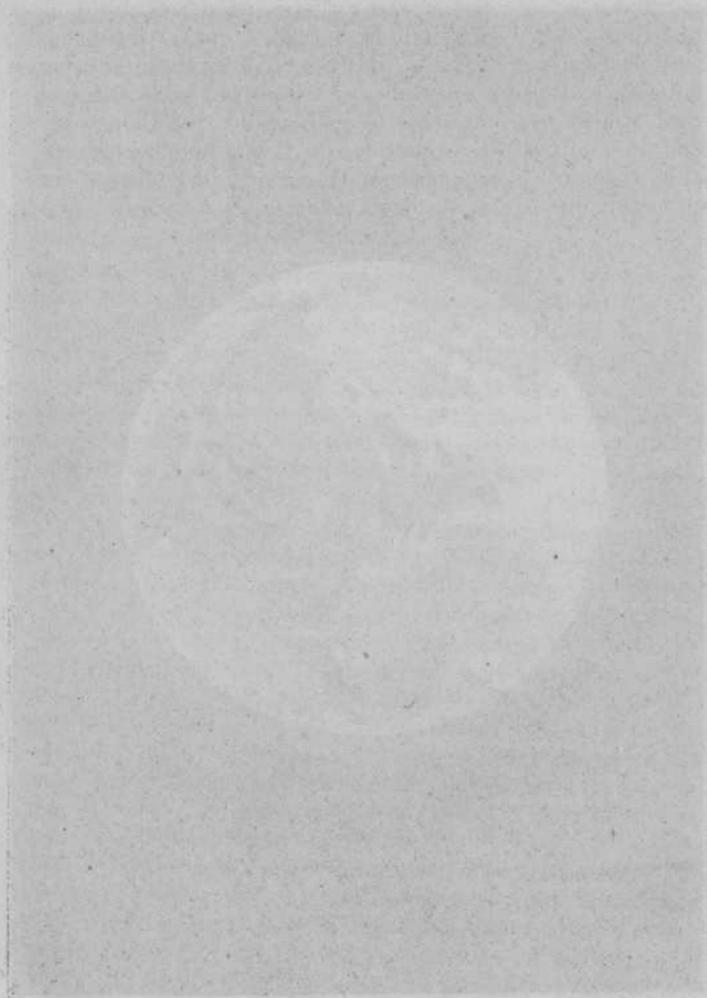
La superficie exterior de la Atmósfera, es por consiguiente curva como la del mar; porque lo mismo que el agua, el aire tiende á estar siempre de nivel, es decir á igual distancia del centro. A los ojos de los que principian á estudiar geometría parece imposible conciliar la idea de la superficie *esférica* del Occéano, con lo que se llama ordinariamente *nivel*; la idea de que el aire tiene un nivel horizontal como el agua, y de que, semejante á un océano gaseoso, busca siempre en este nivel su equilibrio, aparece al principio algun tanto oscura. Sin embargo, el aire, no solamente posee en grado máximo las propiedades de elasticidad y movilidad que le permiten buscar el equilibrio, sino que á diferencia del agua y de los demás líquidos es sumamente compresible, y susceptible proporcionalmente de una expansión indeterminada. Estos son hechos que es necesario tener siempre presentes, porque ayudan á comprender una gran parte de las propiedades atmosféricas especificadas en los capítulos siguientes.

— Ahora bien, ¿cuál es el espesor de esta capa gaseosa que envuelve nuestro globo, de 3,000 leguas de diámetro?

A medida que se encuentra á mayor altura, el aire se enrarece, y las últimas capas no tienen nada que las contenga: sin embargo, puesto que la Atmósfera es limitada, es preciso que estas últimas capas no se pierdan en el espacio y que su estado físico se halle modificado de tal manera por su enrarecimiento y por el gran descenso de la temperatura que no tengan fuerza elástica. Laplace indicó esta condición indispensable y Poisson la determinó, de-



LA TIERRA VISTA DESDE EL ESPACIO.



mostrando que aun podia existir el equilibrio con una densidad límite muy considerable, siempre que el fluido no fuera elástico: por último J. B. Biot, que ha reunido estas condiciones, espresa muy bien el estado de estas últimas capas atmosféricas inestensibles, diciendo que deben ser como un «líquido no evaporable».—Examinemos en el capítulo siguiente, las condiciones mecánicas y físicas de esta envolvente aérea, su forma exterior y su altura.

CAPÍTULO III.

ALTURA DE LA ATMÓSFERA.

Forma de la envolvente aérea que rodea la Tierra.—Sus condiciones, su origen.

Toda vez que la Tierra, voga rápidamente en la inmensidad, arrebatada por una velocidad vertiginosa, arrastrando adherida á su superficie la capa de gas que la circunda, es claro que esta capa gaseosa no puede estenderse al infinito, sino que ha de terminarse á cierta distancia de la superficie.

¿Hasta qué distancia puede estenderse? Arrastrándola la rotacion del globo en su movimiento diurno, puede observarse desde luego que á cierta altura sobre el suelo, el movimiento de la atmósfera debe ser tan rápido que la fuerza centrífuga desplegada en su consecuencia, arrojaria al espacio las moléculas exteriores de aire, que de este modo dejarían de estar unidas al globo y de formar parte de la atmósfera.

Algunos inventores de procedimientos de navegacion aérea habian creído, equivocadamente, que la Atmósfera no gira por completo con la Tierra, y que elevándose á cierta altura, se veria girar al globo por debajo, y solo habia necesidad de esperar á que pasara por la vertical de la barquilla el meridiano en que se queria descender para llegar al sitio deseado, sin buscar otro movimiento que el de la rotacion de globo.

Basta exponer esta hipótesis para refutarla. Cuanto rodea á la Tierra obedece á su accion, y hasta la Luna, á 96 000 leguas de distancia, circula á nuestro alrededor en el mismo sentido de nuestra rotacion, llevando únicamente menor velocidad en atencion á su existencia individual, á su peso relativo y á su distancia.

La fuerza centrífuga crece en razon del cuadrado de la velocidad. En el ecuador es $1/_{289}$ de la gravedad, y de aquí nace una observacion curiosísima; si la Tierra girase con una velocidad 17 veces mayor, como $17 + 17 = 289$, la fuerza de la gravedad y la centrífuga se equilibrarian en el ecuador y los cuerpos no pesarian. Un objeto cualquiera, una piedra que se levantara del suelo no volveria á caer. Nuestro cuerpo seria tan ligero, que bailando en la superficie, pareceríamos sílfides aéreas arrastradas por el viento. Ahora bien, como las circunferencias están en la misma relacion que sus radios, resulta que á una distancia 17 veces mayor que la que hay desde la superficie al centro de la Tierra, no podria existir la atmósfera manteniéndose las mismas condiciones de nuestra rotacion, y la intensidad de la gravedad; pero hay que tener en cuenta que esta última disminuye á medida que los objetos se alejan del centro de atraccion.

Combinando esta disminucion con el crecimiento de la fuerza centrífuga, se ha calculado que próximamente á una distancia igual á seis veces y media (6,64) el radio del globo, es decir, á unas 1 000 leguas por cima de la superficie terrestre, seria donde la fuerza centrífuga igualase á la gravedad, y por consiguiente donde las moléculas aéreas no podrian sostenerse adheridas á la Tierra y habrian de escapar forzosamente. A esta distancia gravitaria un satélite en 23 horas y 56 minutos, es decir, en el tiempo de la rotacion de nuestro planeta (1). El calculado de este modo es el *límite máximo teórico* de la atmósfera. Está muy lejos de estenderse hasta él, como veremos pronto;

(1) Esta rotacion de nuestro planeta es la que se llama de tiempo solar medio; la de 24 horas se llama de tiempo sidéreo.

pero matemáticamente podría hacerlo, y solo á esta inmensa distancia la fuerza centrífuga sería bastante considerable para oponerse á la existencia de nuestra envolvente aérea.

Tal vez en estas regiones elevadas, en los límites de las esferas de atracción de los astros, se verifica un cambio en sus moléculas gaseosas. El límite máximo de la atmósfera sería el que hemos dicho; pero á una altura incomparablemente menor, concluye el fluido respirable por el hombre. A la altura de 3 300 metros á que he llegado muchas veces en globo (la altura del Etna), existe por debajo de nuestros pies la tercera parte de la masa aérea; á 5 500 metros, altura por cima de la cual elevan aun sus cimas un gran número de montañas, la columna de aire que pesa sobre el suelo, ha perdido ya la mitad de su peso, por consiguiente toda la masa gaseosa que se extiende mas allá de estas alturas hasta distancias que no se han medido, es igual á la que contienen las capas de aire comprimido que encuentran mas bajas que estas alturas.

Por consecuencia de estas fuerzas, la forma de la atmósfera no es absolutamente esférica, sino que se ensancha en el ecuador, donde el diámetro es mucho mayor que en los polos. La figura de la atmósfera de los cuerpos celestes es tal, que la resultante de la fuerza centrífuga y de la centrípeta es perpendicular á su superficie. El límite máximo de esta figura, en el caso del mayor achatamiento, se ha indicado por Laplace: el diámetro de la atmósfera en el ecuador es una tercera parte mayor que el diámetro que pasa por los polos. Este es el *límite matemático*, hácia el cual tiende la atmósfera terrestre. Pero aun cuando en realidad tenga sensiblemente mas espesor en el ecuador que en los polos, no tiene una forma tan exagerada. Para completar esta esplicacion, añadiré todavía que probablemente en el movimiento de traslación rápida que la Tierra verifica alrededor del Sol, irá dejando detrás de sí una pequeña estela de gases ligeros. Por último, esta forma sufre tambien variaciones semejantes á las mareas, y que como ellas deriban de la atracción variable de la Luna y del Sol.

El peso decreciente de las capas atmosféricas nos presenta el primer medio para calcular un límite máximo de la altura de la atmósfera; del mismo modo que la mecánica nos ha hecho descubrir el límite máximo, la física nos va á servir para descubrir el mínimo.

Cada molécula de aire ejerce, en virtud de su peso, una presión sobre las moléculas que están mas bajas. De arriba abajo esta presión se agrega al peso de cada una de las capas sucesivas, y contribuye, combinada con la acción del globo terrestre, á retenerlas á su alrededor. En una columna vertical de aire, las capas mas densas son las mas próximas al suelo; y esta densidad disminuye á medida que se asciende, porque la porción de atmósfera colocada debajo del observador, no ejerce presión alguna sobre aquella capa á cuyo nivel se encuentra. El barómetro que mide esta presión está mas bajo en la cima que en la base de una montaña; y la relación que existe entre la presión y la altura es tan íntima, que puede deducirse la diferencia de nivel de dos puntos, por la diferencia de altura de las columnas barométricas observadas simultáneamente en ambos.

A medida que la presión disminuye, el aire tiende á dilatarse; de modo que á primera vista parece que la atmósfera debería extenderse á una gran distancia.

Un célebre físico, Mariotte, ha tratado de determinar la ley de la compresión de los gases, y ha deducido que la cantidad de aire contenida en un mismo volumen, ó lo que es lo mismo, la densidad del aire, es proporcional á la presión ejercida sobre él. Esta relación se explica en los cursos de física con el nombre de *ley de Mariotte*; se ha considerado hasta estos últimos años como rigurosamente exacta; pero considerándola de este modo, se presentaban dificultades enormes para concebir que la atmósfera terrestre no se extendiera á una gran distancia en el espacio; y sin embargo se sabe por otras consideraciones que está limitada á una pequeña altura sobre el suelo.

Esta contradicción aparente era el resultado de una excesiva generalización de la ley de Mariotte, que en vez de ser rigurosa es solamente aproximada. Mr. Regnault ha

estudiado la diferencia que existe entre la ley teórica y los hechos.

Posteriormente, nuestro antiguo compañero en el Observatorio de París, Mr. Liais, ha reconocido, introduciendo burbujitas de aire en un gran vacío barométrico de una forma especial, que las diferencias entre los datos de la observacion y la teoría generalmente adoptada, son todavía mayores. Disminuyendo progresivamente la cantidad de aire, se llega á un límite en que las partículas, lejos de repelerse como sucederia en el caso de que los gases fuesen infinitamente dilatables, parece que adquieren una adherencia semejante á la de las moléculas de un líquido viscoso. La elasticidad del aire que produce su expansion, cesa cuando se ha dilatado hasta cierto punto, y en lo sucesivo el gas presenta fenómenos semejantes á los de un líquido, pero un líquido incomparablemente mas ligero que todos los conocidos.

Teniendo en cuenta la disminucion observada en la densidad del aire á medida que se asciende, examinando bajo este punto de vista especial las condiciones físicas del equilibrio, y tomando como elementos tres series de observaciones, barométricas, termométricas é higrométricas hechas á diferentes altitudes por Gay-Lussac, Humboldt y Boussingault, ha demostrado J. B. Biot que la altura mínima de la atmósfera es de 47,800 metros, ó sea de 12 leguas próximamente. A esta altura el aire debe estar tan enrarecido como bajo el recipiente de una máquina neumática en que se ha hecho el vacío, vacío relativo naturalmente, puesto que no podremos obtener por este medio el vacío absoluto.

La altura mínima de la atmósfera es, pues, de 12 leguas, y la máxima de 10,000. Estos dos límites son ciertos, pero están muy lejos el uno del otro. ¿No habrá medios de aproximarnos mas á lo que sucede en realidad?

Se ha tratado para conseguirlo de medir ópticamente la altura de la atmósfera, estudiando la duracion de los crepúsculos; el tiempo, durante el cual, los rayos solares alcanzan todavía las regiones aéreas cuando el astro ha desaparecido ya bajo nuestro horizonte.

Si la atmósfera terrestre fuera ilimitada, la noche nos sería completamente desconocida. La luz del Sol, llegando á capas de aire muy separadas de la Tierra, vendria hasta nosotros refractada por estas capas. Por el contrario, si no existiese atmósfera, la oscuridad de la noche seguiria inmediata y bruscamente á la puesta del Sol, y la luz del dia no se percibiria hasta el orto del mismo astro. Sin embargo, todo el mundo sabe que los crepúsculos matutino y vespertino alargan la duracion del tiempo en que estamos alumbrados por la luz del Sol, y es fácil comprender que la observacion de estos fenómenos ha debido despertar bien pronto la idea de buscar en ellos la medida de la altura de la atmósfera.

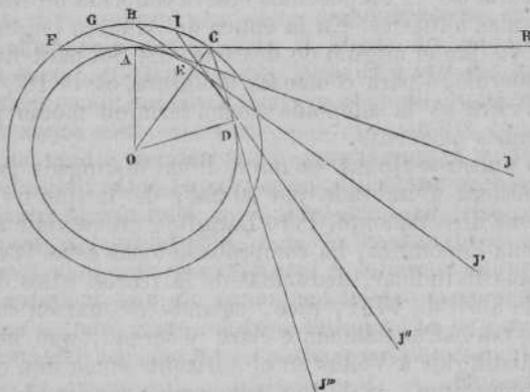


Fig. 1.—Medida de la altura de la atmósfera por la duracion del crepúsculo.

Supongamos que la Tierra está indicada por el círculo de radio OA (Fig. 1.^o) y que el límite de su atmósfera sea la circunferencia $FGHIC$. Es evidente que cuando el Sol haya pasado por debajo del horizonte $FACB$ del lugar A ,

no alumbrará mas que una porcion de la atmósfera. Cuando está en J si se imagina un cono tangente á la Tierra y que tenga por vértice el Sol, toda la parte de Atmósfera situada por bajo de JG quedará oscura para el observador colocado en A, y solo permanecerá iluminada la parte GHIC. Mas tarde, cuando el Sol llegue á J', solo estará alumbrada la parte HIC; mas tarde solo lo estará la IC; y por último, cuando el Sol llegue á J''' sobre la tangente tirada á la Tierra por el punto de interseccion del horizonte FACB con la circunferencia que limita la atmósfera, cesará el crepúsculo. Cuando el Sol se pone se debe ver por consiguiente en la parte opuesta un arco que se eleva hasta llegar al Cenit, y que luego vuelve á descender para desaparecer por último. Los mismos fenómenos en un órden inverso se pueden observar en el crepúsculo matutino. Esta teoría de los crepúsculos era ya conocida de los astrónomos mas antiguos. En la óptica de Alhasen (siglo X) se indica ya que el ángulo de descenso del Sol para finalizar el crepúsculo, ó para comenzar la aurora, es de 18° , y esta misma cifra es la adoptada como término medio por los astrónomos modernos.

En nuestros climas es muy difícil distinguir la parte de atmósfera alumbrada por el Sol, de la que no recibe sus rayos directamente. Pero Lacaille, en su viaje al cabo de Buena-Esperanza, ha comprobado todas estas fases que acabamos de indicar, deducidas de la teoría. «Los dias 16 y 17 de abril de 1751, dice, estando el mar en calma y el cielo tan estremadamente claro y sereno, que me permitia distinguir á Vénus en el horizonte como una estrella de 2.^a magnitud, vi la luz crepuscular terminada por un arco de círculo, todo lo regular que es posible. Arreglé mi reloj á la hora verdadera, al ponerse el Sol, y vi este arco confundirse con el horizonte, calculando por la hora á que hice la observacion que el Sol habia descendido durante el crepúsculo, el 16 de abril, $16^\circ 38'$, y el 17, $17^\circ 13'$.

Posteriormente se han hecho nuevas observaciones de que nos ocuparemos mas adelante.

Es fácil comprender que, conociendo el círculo diurno aparente, descrito por el Sol en un dia dado y la posicion

del observador sobre la tierra, puede calcularse por el tiempo trascurrido entre la hora de la puesta del Sol y la desaparicion del arco crepuscular él ángulo recorrido por el astro luminoso debajo del horizonte. Se comprende tambien que segun las estaciones y los lugares, los crepúsculos matutino ó vespertino tienen una duracion distinta, puesto que la distancia del Sol y el estado del aire influyen en la direccion de la luz, y en la cantidad de la misma que puede llegar al observador, despues de un gran número de reflexiones y refracciones.

En el libro 2.º estudiaremos los efectos ópticos del crepúsculo; por el momento solo debemos ocuparnos de la relacion que existe entre su duracion y la altura de la atmósfera.

El tiempo, durante el cual, el Sol, despues de haberse ocultado bajo el horizonte de un lugar, continúa alumbrando directamente una parte de la atmósfera que desde el mismo lugar puede verse, depende del espesor de las capas gaseosas que rodean la Tierra. Imaginemos en efecto que hacemos pasar un plano por el lugar A de la figura que acabamos de considerar, por el centro O de la Tierra y por el centro del Sol. Este plano cortará á la Tierra segun el círculo OA. Supongamos que FAB es la traza del horizonte del lugar A sobre el plano citado; por la interseccion C del círculo OA y de la línea AB, tiremos á la Tierra la tangente CD. Toda la parte de la atmósfera visible en A, dejará de estar alumbrada por el Sol cuando este en su movimiento diurno aparente haya pasado de la línea CDJ'''. Ahora bien, acabamos de ver que de la duracion del crepúsculo se deducia que, cuando este terminaba, el ángulo BCJ''' de descenso por bajo del horizonte, era de 18°. Como el ángulo OAE es recto y OA es el radio de la Tierra, se conocen un lado, y los ángulos del triángulo OAE, y por consiguiente pueden calcularse sus demás elementos. Puede considerarse, pues, OC como una cantidad conocida, y por consiguiente puede conocerse tambien la altura EC de la atmósfera por la diferencia entre OC y el radio terrestre OE.

Este método para deducir la altura de la atmósfera de

la duracion de los fenómenos crepusculares, fue ideado por Keplero. Los resultados obtenidos, de acuerdo con los precedentes, indican para nuestra atmósfera, cuya composicion es homogénea, y cuya densidad es cada vez menor, una altura de 12 á 15 leguas (1). Siendo el radio medio de la Tierra 1,591 leguas, se ve que esta altura es solo $\frac{1}{130}$ de este radio; es decir que si se representase la Tierra por una esfera de 10 metros de diámetro, la atmósfera podria compararse á una capa de vapor adherida á la superficie de aquel globo, y cuyo espesor no pasaria de 38 milímetros.

Nuestra figura 2.^a representa exactamente esta relacion. Indica: 1.^o el interior incandescente del globo *a*; 2.^o la corteza sólida *b*, en la cual vivimos y en la que edificamos nuestras ciudades y nuestras dinastías: esta corteza tiene solamente 12 leguas de espesor, porque se ha observado que por cada 33 metros de profundidad aumenta 1 grado la temperatura, y á esta distancia de la superficie, todos los minerales deben forzosamente estar fundidos; 3.^o el espesor de la capa aérea en la cual respiramos *c*; 4.^o la altura probable de una atmósfera sumamente ténue *d*, superpuesta á la nuestra, y de la cual vamos á hablar.

Relativamente á la medida del espesor de la atmósfera por la duracion de los crepúsculos, debo añadir aun, que ciertos observadores han obtenido como resultado de investigaciones análogas, una elevacion mucho mayor que la enunciada anteriormente, lo cual indica que las 12 leguas solo representan en realidad un mínimo. Mr. Liais ha calculado directamente esta altura observando la duracion del crepúsculo y la curba crepuscular, que tiñe el cielo de esa pasmosa tinta rosada tan notable, sobre todo en los países del Sur. Estos trabajos, que se hicieron por una parte en el Atlántico durante una travesía desde Francia á Rio-

(1) Según el *Anuario del Observatorio astronómico de Madrid*, la altura de la atmósfera se calcula en unos 33 á 60 kilómetros, es decir, en $\frac{1}{100}$ próximamente del radio de la Tierra.

Janeiro, y por otra, en la misma bahía de esta capital, dieron como altura probable la cifra de 330 kilómetros.

Estudiando en la cúspide del Faulhorn la marcha de los arcos crepusculares, obtuvo Bravais por su parte una altura de 115 kilómetros. Por lo demás esta altura varía con la temperatura y las estaciones, y es siempre mas considerable en el ecuador.

Otro método diferente de los indicados, se funda en la medicion de la penumbra que rodea la sombra de la Tierra proyectada sobre la Luna durante los eclipses de nuestro satélite, teniendo en cuenta los efectos de refraccion que se producen. Segun estos estudios, el espesor de la atmósfera terrestre, cuya influencia es sensible bajo este aspecto especial, es de 80 á 100 kilómetros.

Las observaciones, segun las cuales la atmósfera terrestre tiene una altura mayor de las 15 leguas teóricas, son objeto desde hace algunos años de una discusion especial. Mi ilustrado maestro y amigo Adolfo Quetelet, director del Observatorio de Bruselas, ha deducido de un gran número de investigaciones practicadas con este objeto, que efectivamente se estiende mucho mas de lo que se creia; pero que no es exactamente igual á la atmósfera que existe en las inmediaciones de la superficie.

Esta mayor altura se debe, segun él, á una atmósfera *etérea* estremadamente ténue y de distinta naturaleza que la habitada por nosotros. En esa region superior es donde se ven especialmente las estrellas fugaces, que desaparecen al descender á la atmósfera terrestre.

La atmósfera superior debe ser *fija*; la inferior *instable* y agitada constantemente. Los movimientos especiales,

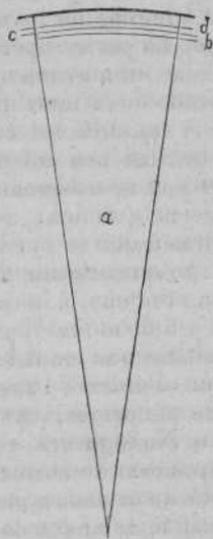


Fig. 2.—Corte que demuestra el espesor relativo de la corteza terrestre de nuestra atmósfera y de otra atmósfera superior.

causados por la accion de los vientos y de las tormentas, deben tambien hallarse limitados en su altura á causa de las estaciones y no se extienden al parecer mas que á unas 3 ó 4 leguas en invierno y al doble próximamente en verano. La parte superior de la atmósfera solo debe experimentar un movimiento muy débil y apenas sensible, que procede de la movilidad de la base en que reposa.

A causa de los continuos trastornos que tienen lugar en las regiones inferiores, el aire que se recoge en todas partes es sensiblemente el mismo, relativamente á su composicion química: no se halla diferencia en las diversas alturas á que se puede ascender para tomar las muestras de aire que se someten al análisis. En la capa inmóvil colocada por cima, á la cual no pueden llegar los seres vivientes, y á donde no llegan las nubes, podria por el contrario admitirse que los diferentes medios se colocan fácilmente, segun el órden de sus densidades y que se desarrollan en capas uniformes, ya mezclándose, ya manteniéndose separados. No es preciso suponer que cada capa tenga la misma composicion de la que está debajo; puede llevar en su composicion sustancias menos densas y que no sean susceptibles de mezclarse ó de combinarse con las capas inferiores.

De este hecho pueden proceder fenómenos de que difícilmente podemos darnos cuenta, juzgándolos desde la superficie del globo; allí pueden existir las estrellas fugaces que vienen de mas alto, las auroras boreales y todos esos grandes fenómenos luminosos de que somos testigos sin poder someterlos directamente á nuestros experimentos. Sin embargo, no todas sus partes pasan completamente desapercibidas y sin estudio, como sucede con las auroras boreales y con los fenómenos magnéticos. Ya que no podamos reconocer las causas, al menos sentimos tan distintamente los efectos, que podemos ponernos en estado de apreciarlos.

Sir John Herschel, de la Rive, Hansteen, parece que profesan en este punto la misma opinion de Quetelet. Podemos admitir sin violencia que encima de nuestra atmósfera de oxígeno, nitrógeno y vapor de agua, existe otra, estremadamente ligera, compuesta naturalmente de gases.

menos densos formados en los tiempos primitivos de la organizacion terrestre, y sobre todo de hidrógeno, segun mi opinion.

El promedio de la altura á que se inflaman las estrellas fugaces es de 120 kilómetros, y se han observado auroras boreales que parecian arrojar sus resplandores hasta 200 leguas de altura. No podemos, pues, trazar las fronteras de esta atmósfera etérea por bajo del límite máximo que hemos indicado. Pero por el momento nos detendremos como conclusion general en la existencia simultánea de estas dos atmósferas.

En cuanto á la base de la atmósfera, podemos preguntarnos ahora si se detiene en la superficie del suelo, ó si penetra en el interior del globo mismo.

Ejerciendo su peso sobre todos los cuerpos situados en la superficie de la Tierra, la atmósfera tiende á penetrar por todas partes, entre las moléculas de los líquidos como entre las fisuras de las rocas: existe en el agua lo mismo que en los vegetales y en todos los compuestos orgánicos. Las tierras y las piedras porosas están impregnadas de ella, en tanta mayor cantidad, cuanto mas considerable es la presion á que se hallan sometidas. Se ve, pues, que el aire no se limita á la porcion que forma nuestra envoltente gaseosa, sino que una fraccion notable de sus elementos constituyentes se ha disuelto en las aguas y ha penetrado en los intersticios de los terrenos. Algunos sabios han supuesto que el aire que compone la atmósfera no era otra cosa que la prolongacion de una atmósfera interior; pero el aumento de temperatura, debido al calor central, se opone á la condensacion de los gases y debe limitar la presencia del aire en las capas profundas.

Se puede calcular aproximadamente la cantidad de aire que se ha disuelto en las aguas del Océano, conociendo la cantidad de gases que pueden disolverse en los líquidos. A la presion ordinaria, el agua del mar puede absorber 2 ó 3 centésimos de su volúmen de aire, que solo difiere del ordinario en que tiene mayor cantidad relativamente de oxígeno. Por la cantidad de agua contenida en el Océano, puede deducirse que la cantidad de aire absorbida

por él no pasa de $\frac{1}{300}$ del que contiene la atmósfera.

Determinadas completamente la altura y la forma de la atmósfera, nos queda todavía que dilucidar un punto muy interesante; la investigacion, si es posible, de las causas que han determinado la existencia de esta envolvente, vehículo de la respiracion de la Tierra toda.

Lavoisier, considerando los tres estados de los cuerpos como dependientes de la cantidad de calórico que contienen, ha llegado á conclusiones muy notables acerca de este problema. « El estudio del calórico, dice este sabio, arroja una gran luz sobre el modo con que se han formado, en el origen de las cosas, las atmósferas de los planetas, y especialmente la de la Tierra. Se comprende que esta última debe ser el resultado y la mezcla: 1.º de todas las sustancias susceptibles de vaporizarse, ó mejor aun, de quedar en estado gaseoso, á la temperatura á que vivimos, á una presion igual á la del aire; 2.º de todas las sustancias susceptibles de disolverse en esta mezcla de gases diversos.

Para fijar las ideas en este punto, consideremos por un momento lo que sucederia á las sustancias diversas que componen el globo si la temperatura de esta cambiase de repente. Supongamos, por ejemplo, que la Tierra fuese trasportada de pronto á una region mucho mas cálida del sistema solar, como la de Mercurio, en la cual la temperatura es probablemente muy superior á la del agua hirviendo: muy pronto el agua, los demás líquidos terrestres y hasta el mismo azogue, entrarian en ebullicion y se transformarían en gases que formarían una parte de la atmósfera. Estas nuevas especies de aire se mezclarían con las que ya existen, y se formarían nuevas combinaciones, hasta que, neutralizadas las diferentes afinidades, los principios constitutivos de los gases formados llegarán á un estado de reposo. La misma vaporizacion tendria sus límites naturales: á medida que la cantidad de fluidos elásticos aumentase, aumentaria tambien su peso, y la nueva atmósfera llegaría á tener tal densidad, que el agua que no se hubiera vaporizado hasta entonces, no podria ya hervir bajo su presion, y permaneceria en estado líquido. Por otra parte, las piedras, las sales y las sustancias fusibles

que componen el globo, se ablandarian, llegarían á fundirse y constituirían los líquidos.

Por el contrario, si la Tierra se trasportase de repente á regiones muy frias, el agua se hoy forma los ríos y los mares, y probablemente la mayor parte de los líquidos que



Fig. 5.—Formacion de la atmósfera.

conocemos, se trasformarian en montañas sólidas, en piedras, diáfanas al principio como el cristal de roca, pero que mezcladas luego con sustancias de otra naturaleza, forma-

rian rocas opacas de diversos colores. En esta suposición, el aire, ó al menos una parte de las sustancias gaseosas que le componen, dejarían de existir en este estado por falta de calor bastante, se condensarian y producirían una porción de líquidos, de los cuales no tenemos idea.

Estas dos suposiciones extremas dan claramente á conocer: 1.º que sólidos, líquidos y gases son tres estados diferentes de la misma materia, tres modificaciones particulares, por las cuales pueden pasar sucesivamente casi todas las sustancias, segun el grado de calor á que se hallan espuestas; 2.º que nuestra atmósfera es un compuesto de todos los fluidos susceptibles de existir en estado de vapor, ó de elasticidad constante á la temperatura y á la presión á que habitualmente estamos sometidos; 3.º que no sería imposible que existieran en nuestra atmósfera sustancias estremadamente compactas, y hasta metales, y que una sustancia metálica algo mas volátil que el azogue, podría sin dificultad hallarse en este caso.»

Se sabe, añade aun el ilustre y desgraciado químico (1), que ciertos líquidos «son como el agua y el alcohol, susceptibles de mezclarse unos con otros en todas proporciones; otros, por el contrario, como el azogue, el agua y el aceite, no pueden mezclarse mas que momentáneamente; cuando despues de haberlos mezclado se los deja en reposo, se separan y se colocan por el orden de sus densidades. Lo mismo debe suceder en la atmósfera; es probable que se hayan formado desde el principio y que sigan formándose todos los dias, gases que se incorporen difícilmente con el aire, y que por consiguiente se separen de él: si estos gases son mas ligeros deben reunirse en las regiones elevadas y formar capas que sobrenaden en la atmósfera. Los fenómenos que acompañan á los meteoros igneos me inducen á creer que existe en la parte superior de la atmósfera una capa de un fluido inflamable, y que en el punto de

(1) Lavoisier, que debió á su génio y á sus estudios ser admitido en la Academia de Ciencias de Paris cuando apenas contaba 23 años, fue condenado á muerte por el tribunal revolucionario, y decapitado á la edad de 31, el 8 de mayo de 1794.

union de estas capas con las de nuestra atmósfera, es donde se verifican los fenómenos de la aurora boreal y de los demás meteoros de la misma clase.»

Vemos, pues, que el eminente químico francés habia precedido á los sabios de nuestros días en concebir la idea de la existencia de una atmósfera superior. Observemos ahora que, segun estas condiciones de la temperatura, el origen de la atmósfera debe buscarse en los períodos primitivos, en los cuales el globo que estaba aun incandescente y líquido, se cubria lentamente de una película sólida, y desarrollaba á la vez en su superficie una cantidad indescriptible de gases y de vapores que batallaban constantemente con aquella. El agua, combinacion de oxígeno y de hidrógeno, se formó en el seno de este gigantesco y primitivo laboratorio. El aire, mezcla de oxígeno y de nitrógeno, no debió llegar á su actual composicion, sino despues de mil variaciones.

¿Quién seria capaz de describir los tumultuosos combates que tendrian lugar entonces en aquel globo, entre los elementos primitivos? ¿Quién podria decir á qué espantosas conflagraciones debemos el tener hoy este agua pura y bullidora de nuestros arroyos, y este aire azul de nuestro cielo? Hemos llegado muy tarde á nuestra vieja esfera, y nos es muy difícil remontarnos al origen misterioso, á las estrañas trasformaciones del mundo antediluviano.

Las cálidas lluvias que han caido sobre los metales incandescentes han debido ser origen de la descomposicion y de la formacion de muchos cuerpos. Segun manifiesta A. M. Ampère en una teoría cosmogónica que sirve de complemento á la de Laplace, hoy encontramos en la atmósfera un monumento imperecedero de los trastornos que ha producido sobre el globo la descomposicion de los cuerpos oxidados por los metales: una enorme cantidad de nitrógeno forma la parte principal de la envolvente aérea. Es ilógico suponer que este nitrógeno no haya estado primitivamente combinado con algun otro cuerpo, y todo induce á creer que lo estaba con el oxígeno, formando ácido nítrico ó ácido nítrico; para esto necesitaba 8 ó 10 veces mas oxígeno del que contiene el aire. ¿Dónde se ha ido el que falta?

Segun todas las apariencias, debe haber servido para la oxidacion de sustancias que en otro tiempo fueron metálicas y que hoy se encuentran convertidas en alúmina, en cal, en óxido de hierro, de manganeso, etc.

Observacion notabilísima: el *fuego* primitivo de la Tierra, el del Sol, el de las estrellas, se debe á la combinacion del hidrógeno con el oxígeno. Ahora bien, esta misma combinacion es la que forma el *agua*. El fuego y el agua tienen, pues, la misma esencia. Los actuales mares han nacido de las inmensas llamaradas de la Tierra antediluviana.

Ha debido, pues, en cierta época existir una precipitacion de ácido nítrico, disolucion de metales en él, y desprendimiento de gas nitroso; todo esto, acompañado de una gran efervescencia, y de una formidable elevacion de temperatura que trasformarian la atmósfera en un mar hirviente cargado de vapores corrosivos, cuyas enérgicas reacciones producirian un combate indescriptible. La gran cantidad de sal marina que existe hace creer que entre los gases que entraban en la composicion de esta atmósfera primitiva, no era el cloro de los menos abundantes. Ampère supone que habiéndose formado otro mar despues de un nuevo enfriamiento, no cubrió toda la superficie de la costra sólida; que aparecieron ya islas sobre las aguas, y que la superficie de la Tierra se rodeó de una envoltente formada como la nuestra, de fluidos elásticos permanentes, pero cuyas proporciones eran muy distintas de las actuales. Resulta en efecto, al parecer, de las minuciosas investigaciones de Brogniart, que en estas épocas lejanas la atmósfera contenia mucho mas ácido carbónico del que tiene hoy, lo cual la hacia impropia para la respiracion de los animales, pero muy favorable para la vegetacion. La Tierra entonces debió cubrirse de plantas que encontraban en aquel aire, rico en carbono, un alimento abundante y fecundo: de aquí que se desarrollasen considerablemente, favorecidas tambien por una elevada temperatura. A esta época correspondieron los inmensos depósitos vegetales, que carbonizados despues, han dado origen á las hullas.

La absorcion y la destruccion continuas del ácido car-

bónico en los vegetales, iban haciendo que el aire se aproximase cada vez mas en su composición á la que hoy tiene. Pero sin embargo, la envoltente gaseosa no era propia todavía para que los animales la respirasen directamente; y con efecto, en el agua fue donde aparecieron los primeros séres pertenecientes al reino animal; los radiarios y los moluscos. La primera poblacion de los mares perteneció á los invertebrados; despues vinieron los peces, y mas tarde los reptiles marinos. Pasada la época de los peces y la de aquellos feroces y gigantescos lagartos, vinieron los mamíferos; la atmósfera fue compomiéndose poco á poco de los elementos que hoy la forman, y los organismos mas perfectos empezaron á dominar en el globo, cuya conquista pertenece hoy á la especie humana... El rugido del viento en estos bosques antdiluvianos, el estampido del rayo, las iluminaciones de los crepúsculos, los perfumes de las plantas salvajes, no tenian entonces ningun ojo humano que los viese, ningun oido que pudiera percibirlos, ningun pensamiento que pudiera conocerlos... pero de siglo en siglo se preparaban las condiciones de la existencia humana sobre nuestro planeta, habitado ya por otros séres:

CAPITULO IV.

PESO DE LA ATMÓSFERA TERRESTRE.

El barómetro y la presión atmosférica.

Al ocuparnos de la altura de la atmósfera, hemos hecho notar ya que el aire es mas denso en las regiones inferiores del Océano aéreo, es decir, en la superficie del suelo en que vivimos, que en las regiones superiores. Por ligero y ténue que parezca el aire, tiene pues, un peso real, y cada metro cuadrado de la superficie del globo sufre una presión considerable, que vamos á medir inmediatamente, y que corresponde á la altura y á la densidad de la columna de aire de la misma seccion, que insiste sobre él.

Los antiguos no conocian la *medida* de la presión atmosférica; pero de esto no puede deducirse sin embargo, que ignorasen los efectos que produce, sobre todo durante los fuertes vientos: Esta fuerza, que todos sentian sin cuidarse de apreciarla no se determinó hasta mediados del siglo XVIII.

El gran duque de Toscana manifestó en 1640 el capricho tan importante como un capricho real en aquella época, de tener surtidores de agua en el terrado de su palacio, y los fontaneros de Florencia esperimentaron la dificultad de que no podia hacerse subir el agua mas arriba de 32 pies. Escribió entonces el duque al ilustre Galileo acerca de esta

negativa singular que el agua oponia á la accion de las bombas, y Torricelli; discípulo y amigo de Galileo, encontró la esplicacion del hecho, demostrando del modo que vamos á ver que la columna de agua de 32 pies de altura, hacia equilibrio á la presion de toda la columna atmosférica.

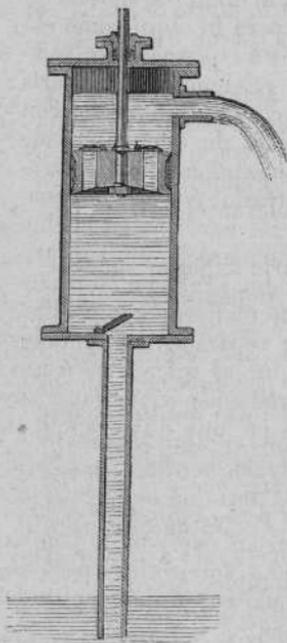
Algunas veces, por error, se ha atribuido á Pascal el gran descubrimiento de Torricelli; pero hé aquí como explica el filósofo francés la causa de esta equivocacion, manifestando lo que á él le pertenece. «Estendido por París el resultado de mis esperimentos, se confundieron estos con los hechos en Italia, y á consecuencia de ello, unos me hacian un honor inmerecido, atribuyéndome los esperimentos italianos, y otros por el contrario, con igual injusticia, querian negarme los que por mi parte habia hecho. Para hacer á cada cual la justicia que merecia, hice imprimir en 1647 los esperimentos que habia hecho en Normandía el año anterior; y para evitar que pudieran confundirse con los de Italia, anuncié estos por separado, haciéndolos poner en letras itálicas, mientras que las referentes á mis trabajos se habian puesto en letra romana; y no contento con esto, declaré terminantemente en una advertencia al lector, *que no era el autor de aquel descubrimiento, que se habia hecho en Italia cuatro años antes que mis estudios, y que habia sido la causa que me habia hecho emprender estos.*»

La negativa del agua á subir en los cuerpos de bomba mas de 10 metros, fué la que reveló á Torricelli el peso de la atmósfera. Examinemos, ante todo por un momento el mecanismo y el juego de las bombas.

Todo el mundo sabe que estos aparatos tan sencillos como antiguos sirven para elevar el agua por aspiracion, por impulsión ó por ambos efectos á la vez. De aquí su division en *bomba aspirante, bomba impelente y bomba aspirante-impelente*. Antes de Galileo, la ascension del agua en las bombas aspirantes se atribuia al *horror de la naturaleza al vacio*; pero esta ascension es sencillamente un efecto de la presion atmosférica.

Concibamos un tubo en cuya parte inferior se encuentra un émbolo, y supongamos que se sumerje esta parte

inferior en el agua. Si se eleva el émbolo, se forma un vacío por debajo de él y la presión atmosférica *ejerciéndose sobre la superficie exterior del líquido*, obliga á este á elevarse en el tubo siguiendo el movimiento de aquel.



* Fig. 4.—Bomba aspirante.

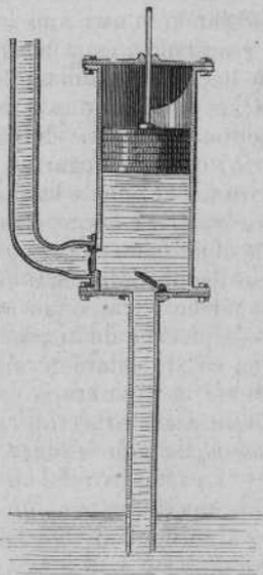


Fig. 5.—Bomba aspirante impelente.

En esto consiste el principio de la bomba *aspirante*, que se compone esencialmente de un cuerpo de bomba, en el cual se mueve un émbolo, y que comunica por medio de un tubo con un depósito de agua (fig. 4.^a). En el punto de union del cuerpo de bomba y del tubo de aspiracion, hay

una válvula que se abre de abajo arriba, y el émbolo está atravesado por un orificio, cerrado por otra válvula que funciona de la misma manera.

Para que el agua pueda llegar al cuerpo de bomba es indispensable que la válvula de aspiracion esté á menos de 10 metros por cima del nivel de agua en el depósito; de otro modo el agua se detendría en cierto punto del tubo, y el movimiento del émbolo no podria hacer que se elevara mas.

Aparte de esto, para que á cada ascension de émbolo pueda elevarse un volúmen de agua igual al del cuerpo de bomba, es necesario tambien que el vertedero esté á menos de 10 metros del depósito, y por consiguiente se vé que la bomba aspirante no dá medios para elevar el agua á mas de 10 metros de altura.

Cuando el agua ha pasado á la parte superior del émbolo, la altura á que puede elevarse depende solo de la fuerza que hace mover este.

La bomba *asprante-impelente* (fig. 5.^o), eleva el agua á un mismo tiempo por aspiracion y por presion. En la base del cuerpo de bomba y sobre el orificio del tubo aspirante, existe tambien una válvula que se abre de abajo arriba. Otra válvula que se abre en el mismo sentido, cierra la comunicacion del tubo acodado, que termina en un receptáculo llamado el depósito de aire. Por último, de este depósito parte un tubo de ascension destinado á elevar el agua á una altura mas ó menos considerable.

Por último, la bomba *impelente* obra solo por accion mecánica y no utiliza la presión atmosférica. Se diferencia de la precedente en que no tiene tubo de aspiracion, sino que el cuerpo de bomba está sumergido en la misma agua que quiere elevarse.

Para esplicar la elevacion del agua hasta cierta altura, el compatriota de Galileo, desechando como su maestro cuanto se referia á causas ocultas, dijo que *el peso del aire en el depósito, obligaba al agua á subir en el tubo cuyo aire se habia estraido*, y que esto sucedia únicamente hasta que el peso del agua elevada en el tubo, fuese igual al del aire que egercia su presion sobre una seccion igual en la super-

ficie del depósito. De este razonamiento fué consecuencia natural la invencion del barómetro.

Las columnas líquidas necesitan, si han de egercer presiones iguales, que sus alturas estén en razon inversa de las densidades de los líquidos que las forman; un líquido que pesara doble que el agua, haria equilibrio á la presion atmosférica con una columna de 16 pies, y el azogue que pesa próximamente 14 veces mas que el agua, debe hacer equilibrio á aquella presion con una columna que sea $\frac{1}{14}$ de 32 pies ó sean 28 pulgadas. Esta consecuencia es fácil de comprobar. Se toma un tubo de vidrio de un metro de longitud, cerrado por uno de sus extremos, se llena de azogue y despues de haber tapado con el dedo el extremo cubierto se vuelve boca abajo y se introduce por el extremo inferior en una cubeta llena del mismo líquido. En el momento en que se quita el dedo, el azogue que llenaba el tubo, baja unos cuantos centímetros, y despues se detiene estableciéndose el equilibrio. La columna líquida que se mantiene en el interior del tubo es una verdadera balanza, porque su peso, es decir, su altura, hace precisamente equilibrio á la presion atmosférica.

A este tubo, lleno en parte de azogue y colocado verticalmente sobre una cubeta del mismo metal, le dió el sábio discípulo de Galileo el nombre de *Barómetro*, es decir, indicador del peso del aire (del griego *Báros*, peso y *μέτρον* medida).

El barómetro se compone, pues, esencialmente de un tubo lleno de azogue y sumergido en una cubeta. En el último libro de nuestra obra, nos ocuparemos de las numerosas aplicaciones y de las diversas especies de estos aparatos. Lo que nos importaba por el momento era solo definir su principio. Reducido á su forma mas sencilla, el aparato se llama *Barómetro normal*.

La invencion del barómetro, hecha por Torricelli, data del año 1643. Cuatro años mas tarde, en 1646 renovó los experimentos en Francia con un verdadero *barómetro de agua*, ó por mejor decir con un *barómetro de vino*.

Estos hechos tuvieron lugar en Rouen; el tubo tenia 46 pies de longitud, y para evitar la dificultad, insuperable

entonces, de estraer el aire directamente, se cerró por un extremo y se llenó de vino despues de haberle puesto un tapon en el otro. Luego se izó verticalmente el tubo por medio de cuerdas y de poleas y se introdujo en un receptáculo con agua por la parte inferior. Tan luego como se quitó el tapon que le mantenía cerrado, la columna líquida descendió en el tubo hasta que su punta mas alta estuvo á 32 pies por cima del nivel de agua del receptáculo. Los 14 pies que estaban mas arriba quedaron libres de aire, y de este modo la columna líquida por sí sola, hacia equilibrio á la presion atmosférica. De este hecho dedujo que una columna de agua (ó de vino de igual densidad) de 32 pies de altura, pesa lo mismo que una columna de aire que tenga la misma base. La superficie de la Tierra esperimenta, pues una presion igual á la que tendria si estuviera recubierta por una capa de agua de 32 pies de altura, y nosotros, que vivimos en el fondo del océano atmosférico esperimentamos esa misma presion.

Siendo la presion del aire la que ocasiona la elevacion del azogue ó del agua, es natural que elevándose á diferentes alturas en la atmósfera, el peso de la columna de azogue sostenida, y por consiguiente la longitud de esta columna, deben disminuir gradualmente en proporcion á las capas de aire que quedan en la parte inferior. Este experimento se hizo en Puy de Dôme, segun las instrucciones de Pascal por su cuñado Florin Périer, el 19 de setiembre de 1648, y fué repetido por el mismo Pascal en la torre de Saint-Jacques de París. Los resultados fueron decisivos, y desde entonces se tuvo en el barómetro un medio fácil y seguro de medir el peso total de la atmósfera y las variaciones de la presion que egerce en diversos tiempos y en diferentes lugares en la superficie del globo.

De 1640 á 1648 fué, pues, cuando se demostró la presion atmosférica por la construccion del barómetro y por los experimentos á que los investigadores se dedicaron inmediatamente despues.

Por una coincidencia, de que la historia de las ciencias presenta muchos ejemplos, mientras que en Italia y en Francia se estudiaban las indicaciones del barómetro, se

trataba en Holanda de demostrar el peso del aire por un método enteramente distinto.

En 1650 Otto de Guericke, burgomaestre de Magdebourg, inventaba la máquina neumática, por medio de la cual puede extraerse el aire que contiene un receptáculo, y hacer en él un vacío casi absoluto.

En aquel mismo año, imaginaba también el ingenioso inventor pesar un globo de vidrio, primero dejándole el aire que contenía y después estrayendo este aire por medio de la máquina neumática. El globo vacío resultó menos pesado que lleno, con una diferencia de 1 gramo 29 centigramos por cada litro de cabida que tenía el globo.

Aristóteles había sospechado ya que el aire pesaba: para convencerse de ello había pesado un odre, primero vacío, y después *hinchado* de aire, porque según él decía, si el aire pesa, el odre debe pesar más en el segundo caso que en el primero. El experimento no confirmó sus sospechas y dedujo que el aire no era pesado. Sin embargo, muchos filósofos de la antigüedad admitían la materialidad del aire como un hecho. La escuela de Epicuro comparaba los efectos del viento á los de corrientes de agua, y consideraba los elementos del aire como cuerpos invisibles, según manifiesta estensamente Lucrecio. A pesar de todo, durante el imperio de la filosofía peripatética se admitió que el aire no tenía peso, y solo un corto número de filósofos no siguieron esta errónea opinión.

Acabamos de ver que repitiendo de un modo más racional el experimento de Aristóteles, había demostrado Otto de Guericke el peso real del aire. Si Aristóteles no obtuvo el mismo resultado, fué á causa de la variación de volumen que el odre experimentaba en los dos ensayos, porque todo cuerpo que se pesa en un fluido, experimenta una disminución de su peso, igual al peso de fluido que desaloja. El odre de Aristóteles hubiera pesado más, si se le hubiera pesado en el vacío. Supongamos que se insuflaban en él 30 centímetros cúbicos de aire: su peso aumentaba unos 4 gramos; pero como al mismo tiempo su volumen había aumentado los 30 decímetros cúbicos, y desalojaba un volumen de aire igual á este, la pérdida de peso era

tambien de 4 gramos, y en definitiva el odre quedaba con un peso igual al que tenia antes. En el experimento de Otto de Guericke, el vaso tenia siempre la misma capacidad, ya estuviese vacío ya lleno de aire; y como la pérdida de peso por el aire desalojado era la misma en ambos casos, debia encontrarse irremisiblemente una diferencia, que indicaba el peso del aire.

Al mismo tiempo que hacia estos experimentos, inventaba Otto de Guericke los *hemisferios de Magdebourg*, llamados así por la ciudad en que fueron ideados, que consisten en dos hemisferios huecos, de laton, de 10 á 12 centímetros de diámetro, y que encajan perfectamente uno en otro por el círculo máximo de la seccion. Uno de estos hemisferios lleva una boquilla con tuerca que puede atornillarse en la platina de la máquina neumática, y una llave para cerrar la comunicacion y el otro una sortija que sirve de mango para cogerle. Mientras existe aire entre los dos hemisferios puestos en contacto, se separan sin dificultad porque hay equilibrio entre la fuerza expansiva del aire interior y la presion atmosférica; pero en cuanto se hace interiormente el vacío, no pueden separarse sin un esfuerzo considerable. En uno de sus experimentos, el sábio burgomaestre, hizo que *cuatro buenos caballos* tirasen de cada uno de los hemisferios en un aparato de 65 centímetros de diámetro, y no pudieron separarlos; calculada la presion atmosférica que se egerce en el sentido de la resistencia en un aparato de estas dimensiones resulta una cifra de 3,428 kilogramos.

La presion de la atmósfera sobre cada centímetro cuadrado de superficie equivale al peso de una columna de azogue, cuya altura sea de 76 centímetros, es decir á 1^k,033.

Es fácil, (y curioso) deducir de aquí, que siendo la superficie del cuerpo de un hombre de estatura regular, de metro y medio cuadrado, es decir de 15,000 centímetros cuadrados, cada uno de nosotros lleva sobre sí una carga de 15,500 kilogramos.

Si esta enorme presion no nos aplasta es debido á que no obra solo en el sentido vertical; como el aire nos rodea por todas partes, la presion se nos trasmite en todos senti-

dos, y por consiguiente se neutraliza. El aire penetra libremente y con toda su presión en las cavidades más profundas de nuestro organismo, y como experimentamos la misma presión por dentro y por fuera, ambas se equilibran exactamente. Esto se demuestra con facilidad en el experimento de rompe-vegigas.

Tomemos un tubo de cristal de bastante diámetro, cerrado por su extremo superior con un trozo de pergamino, y coloquémosle sobre la platina de la máquina neumática. Apenas se empieza á hacer el vacío en el tubo, el pergamino se deprime bajo la presión atmosférica que sufre sin compensación interior, y muy pronto estalla con una fuerte detonación causada por la entrada repentina de aire.

Si por el contrario se disminuye la presión exterior se verifica el mismo fenómeno á la inversa. Colocando un pájaro bajo el recipiente de la máquina neumática, y haciendo el vacío, se vé su cuerpo dilatarse, la sangre salta con violencia, y poco después el animalillo perece hinchado, y víctima de una explosión inversa á la que hemos indicado antes.

Este hecho se confirma, como más adelante veremos, por las ascensiones á alturas muy elevadas. Cuando se llega á regiones en que el aire está muy enrarecido, los miembros se hinchan y la sangre muestra tendencia á transpirarse á través de la epidermis, á consecuencia de la falta de equilibrio entre su tensión, y la tensión del ambiente.

Algunas veces se demuestra, como por juego, la presión atmosférica por medio de un sencillísimo experimento: se llena bien un vaso de agua y se aplica una hoja de papel á su parte superior: en esta forma, puede volverse el vaso sin que el agua se caiga, lo que no puede atribuirse más que á la presión que la atmósfera ejerce normalmente á la hoja de papel. El oficio de esta es impedir el movimiento parcial de las moléculas líquidas, que sin su intermedio obedecerían separadamente á la acción de la gravedad, permitiendo la introducción simultánea del aire en el vaso. Si la abertura fuese bastante pequeña la adherencia del líquido á las paredes del vaso produciría el mismo efecto y el papel sería inútil. Así, por ejemplo,

cuando se hace un orificio pequeño en el fondo de un tonel lleno, el líquido no sale, y es necesario para que la salida se verifique «dar aire» á la parte superior por otra abertura. El tubo llamado pipeta, que retiene el vino mientras se tiene tapado con el dedo por la parte superior, funciona en virtud del mismo principio.

Acabamos de decir que cuando debajo de un cuerpo hueco se hace el vacío, la presión del aire atmosférico es próximamente de 1^k,033 por centímetro cuadrado. Esta presión es la que hace á la lapa adherirse á la roca, cuando la contracción del molusco ha hecho el vacío en el interior de la concha. La mosca, estrayendo el aire y pegándose en el techo, nos presenta otro ejemplo. Las ventosas aplicadas sobre los miembros obran en virtud del mismo principio, y á cada momento nos puede manifestar la esperiencia un hecho fundado en los efectos de la presión atmosférica.

Estos son los hechos generales y los experimentos que han demostrado la realidad del peso de aire, y su valor numérico dando origen al instrumento destinado á la medida permanente de este peso: al barómetro. Es conveniente ahora, aplicar estas nociones á la estension de la Atmósfera que ya hemos tratado de apreciar en el capítulo precedente.

En el fondo del Océano aéreo, la presión mantiene por término medio la columna barométrica á la altura de 760 milímetros cualquiera que sea el diámetro del tubo.

Experimentos reiterados por los físicos mas hábiles, y cuya completa exactitud se ha comprobado, demuestran que el peso del aire á 0° de temperatura, y bajo una presión de 760 milímetros, es, al peso de un volumen igual de azogue en la relacion de 1: 10 509; es decir, que 10 509 milímetros cúbicos de aire, por ejemplo, pesan tanto como un milímetro cúbico de azogue. Resulta de aquí, que es necesario elevarse en el aire 10 509 milímetros, ó 10 metros y algo mas de medio, para que el azogue baje 1 milímetro en el tubo del barómetro. Por consiguiente, si la densidad de las capas de aire fuese la misma á cualquier altura, se podria deducir con facilidad del hecho citado, no solo la actitud de un lugar cualquiera en que se hubiera hecho una observacion barométrica, sino tambien la altura

total de la atmósfera. Es claro que si 1 milímetro de descenso en el tubo del barómetro correspondiese á una elevación de $10^m,509$ un descenso de 760 milímetros, que es la altura total de la columna barométrica correspondería á $10^m,509$ tomado 760 veces, ó lo que es lo mismo, á 7 986 metros.

Esta sería la altura de la atmósfera si su densidad permaneciese la misma á cualquier altura; pero ya hemos visto que las capas inferiores son mas densas que las superiores, y de aquí resulta que para hacer bajar 1 milímetro el azogue del barómetro, sería necesario elevarse un espacio mayor de $10^m,509$ cuando se estuviera en una capa de aire mas enrarecido, es decir, en una capa mas lejana del suelo ó de la superficie del mar.

Halley es el primero que ha tratado de establecer una fórmula que permitiera calcular las altitudes por medio de observaciones barométricas.

Hemos visto en el capítulo anterior que, desde los estudios de Mariotte, está reconocido que el aire se comprime proporcionalmente al peso con que está cargado, ó á las presiones á que se le somete. De esta ley se deduce por un cálculo sencillísimo que si se asciende verticalmente en el aire, á alturas sucesivas que crezcan en progresion aritmética, la densidad de las capas de aire correspondientes disminuirá en progresion geométrica. (Ahora bien, siendo estas densidades proporcionales á las alturas del azogue en el barómetro, resulta que la diferencia de nivel entre dos estaciones, será proporcional á la diferencia de los logaritmos de las alturas del barómetro.)

La progresion indicada, solo sería verdadera si la temperatura fuese siempre y en todas partes la misma, y el cálculo de las altitudes apenas sería mas complicado, en el caso de no variar la temperatura, que en el de ser constante la densidad; pero la temperatura del aire disminuye tambien á medida que se asciende; y la ley de variacion de las densidades no es tan sencilla, puesto que las capas superiores están mas condensadas por el frio, que las inferiores.

La variacion de la temperatura con la altitud es bas-

tante complicada, según veremos más adelante, y esto complica la medida de alturas por el barómetro de que nos estamos ocupando.

Al mismo tiempo las capas atmosféricas contienen siempre cierta cantidad de vapor de agua, cuyo peso debe tenerse en cuenta para no calcular el del aire como si estuviese seco.

Además, el peso de un cuerpo cualquiera, y por consiguiente el de una capa de aire, es tanto menor cuanto más lejos está el cuerpo de la superficie de la Tierra. La densidad de los cuerpos varía también con la latitud terrestre, á causa de la fuerza centrífuga que nace del movimiento de rotación diurna, y es evidente que si una misma fórmula ha de servir indistintamente para el cálculo de observaciones hechas en diferentes puntos del globo, ha de contener indispensablemente, como elemento variable, la latitud del lugar de la observación.

Laplace, en su *Mecánica celeste*, ha presentado las correcciones á que dan lugar estas diversas causas en la medida de las altitudes, y ha deducido así, exclusivamente de la teoría, una fórmula cuya exactitud se ha demostrado por un gran número de experimentos. En la práctica se abrevian los cálculos que necesita la fórmula de Laplace, y se usan tablas, entre las cuales las que aparecen anualmente en el *Anuario de la Oficina de las Longitudes*, son las de uso más cómodo (1).

Para obtener la altura de una montaña, dos personas provistas de instrumentos comparados, hacen la observación de la altura barométrica simultáneamente, una al pie y otra en la cúspide: al mismo tiempo observan tam-

(1) Estas tablas, debidas á Olmanns, dan el valor de la diferencia de altitudes, conocidas la diferencia de altura barométrica en las dos estaciones, la diferencia de las temperaturas tanto del aire como del barómetro en una y otra y la latitud del lugar. Es necesario hacer además del cálculo algunas correcciones aditivas siempre unas, y de diferente signo otras, que se indican también en las tablas. No obstante ser las de uso más fácil de todas las que se han construido con este objeto, presentan alguna complicación en su manejo para las personas poco acostumbradas á los cálculos matemáticos.

bien los termómetros que están colocados en la misma guarnición de los barómetros, y los que por separado sirven para indicar la temperatura del aire libre. En rigor, dos observaciones simultáneas bastan; pero cuando es posible conviene multiplicarlas, porque así se aumentan las probabilidades de que se compensen los errores.

Un observador aislado, provisto de buenos instrumentos, puede también determinar con bastante exactitud la diferencia de dos estaciones poco distantes, si tiene cuidado de observar el barómetro y el termómetro en la estación inferior al subir á la superior y al volver de ella. La comparación de estas observaciones le da efectivamente la marcha horaria de ambos instrumentos.

Cuando por una larga serie de observaciones se ha llegado á determinar las alturas medias del barómetro y del termómetro en un lugar cualquiera, se pueden emplear para calcular su elevación absoluta, tomando como observaciones correspondientes las alturas medias del barómetro y del termómetro al nivel del mar.

Hemos visto ya que al nivel del mar y á 0° de temperatura es necesario elevarse 10 metros y medio para que el azogue baje 1 milímetro. No puede deducirse, sin embargo, que elevándose 21 metros el azogue descienda 2 milímetros, y que pueda observarse una disminución de 1 milímetro en la columna por cada 10 metros próximamente de ascension. Lejos de esto, la disminución de la densidad atmosférica empieza pronto á ser muy rápida, y en el día se han hecho bastantes observaciones barométricas á diferentes altitudes para que podamos representar exactamente esta disminución no ya teóricamente, sino por observaciones directas.

Tomando una serie de observaciones hechas á muy diversas altitudes, hemos formado la tabla siguiente. Las alturas barométricas están referidas á la temperatura de 0°:

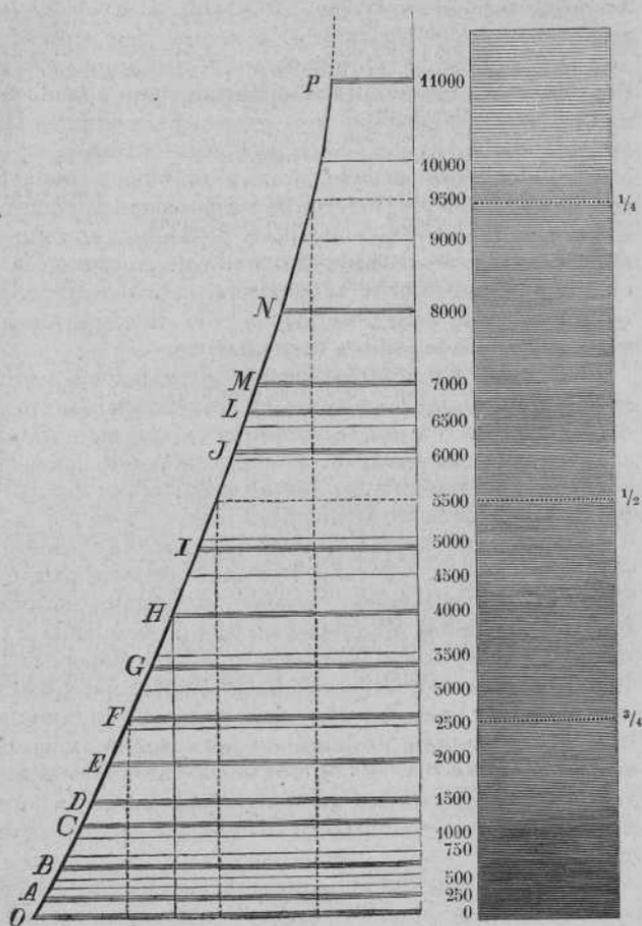


Fig. 6.—Diagrama de la disminución rápida de la presión atmosférica con la altitud.

	Altitud.	Altura del barómetro.
0 Al nivel del mar.	0	760
Altura media en el Observatorio de París.	65	756
Altura media en Strasburgo (Herreinscheider).	144	751
Altura media en el Observatorio de Tolosa (Petit).	198	746

A	Dijon, Costa de Oro (A. Perrey).	245	742
	Observatorio de Ginebra (Plantamour).	408	726
B	En Rodez, Aveyron (Blondeau).	630	709
C	En la cúspide del Vesubio (Palmieri).	1,200	660
D	En Guatemala, América (R. P. Canudas.)	1,480	641
E	En Guanaxato (Humboldt).	2,084	600
	En el hospicio del Monte San Bernardo.	2,478	563
F	En la cúspide del Faulhorn (Brabais).	2,674	555
	En la ciudad de Quito (Fouqué.)	2,908	534
G	En la cúspide del Etna (Elié de Beaumont).	3,320	510
H	En muchas ascensiones aereonáuticas (Flammarrion).	4,000	475
I	En la cúspide de Mont-Blanc (Ch. Martins).	4,800	424
J	En el Chimborazo (Humboldt y Bonpland).	6,100	360
L	En el vértice del Ibi-Gamin, la montaña mas alta á que se ha subido (Schlagintweit).	6,704	340
M	En una ascension aeronáutica (Gay-Lussac).	7,000	325
	En otra ascension aeronáutica (Bixio y Barral).	7,000	320
N	En muchas ascensiones aeronáuticas (Glaisher).	8,000	274
P	En la mayor ascension (Glaisher).	11,000	165 (1)

Esta série de observaciones barométricas que podemos agrupar, gracias á las numerosas ascensiones hechas, ya en globo ya por las montañas, y á los estudios de muchos observadores en puntos habitados á una gran altura sobre el nivel del mar, nos permite tambien tratar de representar por una curva y por una degradacion de tintas esta rápida disminucion del peso de la atmósfera. En esta figura (6) la línea horizontal que forma la base representa el

(1) En España pueden citarse como ejemplos de alturas barométricas medias observadas á diferentes altitudes las siguientes, calculadas segun los datos que aparecen en la *Revista de los progresos de las Ciencias* y en el *Anuario del Observatorio de Madrid*, y reducidas á 0°:

LUGARES.	Altitud.	Altura del barometro.
Alicante.	4 ^m	758,84
San Fernando.	14	758,78
Zaragoza.	184	738,86
Huesca.	450	709,17
Madrid.	665	704,93
Búrgos.	860	687,13
Soria.	1,068	669,85

(N. del T.)

estado del barómetro al nivel del mar (760^{mm}). Cada espacio de esta línea representa la altura relativa del barómetro según la elevación, y esta se indica por cada una de las líneas verticales. ¡La intensidad de la tinta indica que á 2,600 metros la presión se ha disminuido en una cuarta parte, á 5,500 se ha reducido á la mitad y á 9,500 á una cuarta parte de la primitiva!

La altura del barómetro disminuye, pues, rápidamente á medida que se asciende sobre el nivel del mar. Pero no es tampoco la misma al nivel del mar en toda la superficie del globo. Es mas baja en el Ecuador que en los trópicos. Desde ambos lados del Ecuador, donde con la corrección relativa á la gravedad es de 758 milímetros, se va elevando hasta los 33° de latitud y allí llega á 766 milímetros. Después disminuye hasta los 43° de latitud (762^{mm}) y desde este punto queda estacionaria hasta los 48°. Sigue luego bajando hasta los 64° donde solo tiene 753 milímetros, y por último vuelve á subir hasta las últimas latitudes observadas en el Spitzberg, (75°) donde la altura del barómetro es de 768 milímetros. Entre la presión en el grado 33 y en el grado 64 hay, pues, 13 milímetros de diferencia.

Estas observaciones, están entresacadas de las memorias de Humboldt, sir John Herschell, el capitán Beechey, Poggendorf y Erman.

Estas variaciones de la presión provienen probablemente de los vientos alisios y de las corrientes superiores que sostienen hasta cierto punto la masa entera de la atmósfera.

Fácilmente se concibe que la latitud pueda influir en la presión del aire, puesto que las condiciones de temperatura, de acción de la gravedad y de movimiento rotatorio varían con ella. Mas difícil de explicar es la variación con la longitud, y sin embargo existe. En una misma latitud, la presión media de la atmósfera es 3^{mm},5 mayor en el Atlántico, que en el Pacífico.

La altura del barómetro varía á cada momento. No obstante, examinando las alturas medias se puede construir una carta de las líneas *isóbaras* en la superficie de nuestro

planeta. Este es el trabajo que nuestro sábio compañero de la Sociedad meteorológica, M. Renou ha emprendido respecto de la Francia.

El mapa de las líneas isóbaras de Francia se ha construido teniendo presentes ciertas séries de observaciones hechas con buenos instrumentos y á altitudes bien conocidas. Estos puntos están indicados por las alturas barométricas reducidas al nivel del mar, valiéndose de las temperaturas que resultan del trazado de las líneas isoterma de Francia. Se han tenido tambien en cuenta las variaciones de la gravedad por la latitud y por la altitud; y como en todas partes se trata de mesetas, la correccion se ha reducido á los $\frac{5}{8}$ de la que corresponderia para alturas observadas en globo, segun los cálculos de Poisson.

Este trabajo es análogo al que ya hizo A. de Humboldt hace 50 años para la distribucion de la temperatura en la superficie del globo.

Las líneas de igual presion ó *isóbaras* están al principio distribuidas de una manera bastante regular cuando se camina del N. al S.; se dirigen de O. S. O. á E. N. E. La línea isóbara de 761 milímetros pasa por el Mediodía de Inglaterra y por los Países Bajos; la de 762^{mm},50 por cerca de Tours y de Nancy. El centro de la Francia ofrece una línea de presion máxima muy notable. La línea isóbara de 763 milímetros atraviesa diagonalmente la Francia pasando por Strasburgo, Chaumont, Dijon, Clermont y Toulouse; por el otro lado hácia el S. E., la presion disminuye, y llega á un mínimo no menos notable en el golfo de Génova, donde la presion se reduce á 761^{mm},50 próximamente.

La línea de 762^{mm} es cerrada, y su trazado perfectamente conocido, porque en una porcion de puntos se han hecho buenas observaciones. La isóbara de 764 milímetros que pasa muy próxima á Orán y un poco mas lejos de Argel, se prolonga necesariamente hácia el O. paralela á la anterior.

En el Atlántico se halla un máximo de presion á 35° de latitud N. y un mínimo de presion hácia la Islandia; un mínimo de presion á 5.° al N. del Ecuador y un máximo considerable á 16° de latitud S. hácia Santa Elena; y por último, el principal mínimo de todo el mundo al S. del

Cabo de Hornos donde la presión no escende de 745 milímetros.

En el continente asiático, la distribución es enteramente distinta, y hay un máximo en Siberia, entre Nerthinsk y Barnaoulskzavod, donde la presión llega á cerca de 768 milímetros.

La dificultad principal en el cálculo de las altitudes, es el conocimiento del nivel medio del mar. El equilibrio no es absoluto en la superficie de los mares; en su nivel ejercen influencia muchas causas. La fuerza centrífuga en la zona ecuatorial, los vientos, la presión barométrica y la temperatura, y aun puede añadirse la configuración de las costas que da un efecto distinto á la acción de los vientos y de las mareas. Todo el mundo sabe que el mar sube más de prisa que baja; cuando los golfos son estrechos este efecto es todavía más notable, y á lo largo de las costas el mar está más alto, que á cierta distancia de ellas.

El nivel del Mediterráneo en Marsella está 80 centímetros más bajo que el nivel medio del Océano en nuestras costas. El Mediterráneo debe ser, pues, un plano inclinado que va rebajándose desde el estrecho de Gibraltar hasta las costas de la Siria. La última nivelación ejecutada en Egipto entre el Mediterráneo y el Mar Rojo ha demostrado que este último está más alto que el Mediterráneo. Es fácil comprender que estos mares reciben una cantidad de agua mucho menor que la que se evapora en ellos, y por consiguiente, que su nivel tiende á rebajarse alimentándose tan solo por los estrechos que los unen al Océano.

Este primer cuadro general del peso del aire y de su presión sobre la superficie esférica del globo debe detenerse aquí: pudiera decirse que es el conocimiento de su estática. Pronto llegaremos á la dinámica. La Atmósfera está siempre en movimiento, por cambios de lugar parciales, horizontales, verticales y oblicuos en la superficie del globo. Resulta de aquí, que el peso del aire, ó la altura barométrica, varía sin cesar en un sitio dado. El calor solar origina *variaciones diurnas* y *variaciones mensuales* regulares, cuya intensidad difiere según las latitudes. El cambio de lugar producido por las grandes corrientes ocasiona á su

vez variaciones que se verifican en gran escala. El cambio de tiempo se anuncia por estas fluctuaciones, relacionadas con la presión general.

Todas estas variaciones de la presión barométrica serán estudiadas y analizadas mas adelante cuando se esponga el estado actual de las deducciones de la ciencia relativas al gran problema práctico de la prevision del tiempo.

Pero á propósito del peso general de la Atmósfera no podemos terminar este capítulo, sin indicar este peso numéricamente.

Bajo el siguiente título: *¿Cuánto pesa la masa entera de aire que hay en el mundo?* ha escrito Pascal, cuando se dedicaba á sus célebres experimentos sobre la presión atmosférica, un trabajo tan sencillo como curioso, primer bosquejo de cuanto se ha escrito despues sobre esta materia y que contiene desde el principio la respuesta absoluta á la pregunta que hemos subrayado.

«Sabemos por estos experimentos, dice, que el aire que se halla al nivel del mar, pesa tanto como el agua á la altura de 31 piés y dos pulgadas; pero como el aire pesa menos en los sitios altos, y no pesa lo mismo en todos los puntos de la Tierra, no puede tomarse una base fija que indique la presión que experimentan todos los lugares del mundo. Se puede tomar sin embargo una por congetura, suponiendo que todos los sitios de la Tierra en general están sometidos á presiones ejercidas por el aire, que unas con otras pueden evaluarse en el peso de 31 piés de agua; y seguramente que no hay en esta suposición un error equivalente á medio pié.

«Ahora bien; hemos visto que el aire que está por cima de las montañas cuya altura es de 500 toesas, pesa tanto como el agua en una altura de 26 piés y 11 pulgadas. Por consiguiente, todo el aire que se encuentra desde el nivel del mar hasta las cúspides de las montañas de 500 toesas de altura, pesa poco mas ó menos la 7.^a parte del total.

«Vemos tambien que si toda la esfera de aire estuviere comprimida contra la Tierra por una fuerza que empujándola desde lo alto, la redujese en la parte inferior al menor espacio que pudiera ocupar, y la convirtiese como en agua, no tendria mas altura que 31 piés. Consideremos, pues, toda la masa de aire como si hubiese sido, en otra ocasion, una masa de agua de 31 piés de altura, que se hubiera enrarecido y dilatado estremadamente, convirtiéndose en ese cuerpo que llamamos aire, en cuyo estado ocupa, á la verdad, mas espacio, pero en el cual conserva precisamente el mismo peso.

«Y como no habia nada más fácil que calcular cuántas libras pesaria el agua que rodease á la Tierra en un espesor de 31 piés, cosa que podria hacer un niño, se encontraria por el mismo medio cuánto pesa todo el

aire de la naturaleza, puesto que ambos pesos son iguales. Si se hacen los cálculos se hallará que pesa poco mas ó menos ocho millones de millones de libras.

«He querido tener ese gusto y he hecho la cuenta del modo siguiente: multiplicando el diámetro de la Tierra por la circunferencia de su círculo máximo, se verá que tiene en toda su superficie esférica 16 495 200 leguas cuadradas.

«Es decir, 103 095 000 000 000 toesas cuadradas.

«Es decir, 3 711 420 000 000 000 piés cuadrados.

«Y como un pié cúbico de agua pesa 72 libras, es claro que un prisma de agua de un pié cuadrado de base y de 31 piés de altura pesa 2 232 libras.

«Luego si la Tierra estuviera cubierta de agua hasta la altura de 31 piés, habria en ella tantos prismas de agua de 31 piés de altura, como piés cuadrados hay en la superficie.

«Y por tanto soportaria tantas veces 2,232 libras como piés cuadrados tiene en toda su superficie.

«Es decir, que la masa entera de agua pesaria 8 283 889 440 000 000 000 libras, y que todo el aire que hay en el mundo pesa la misma cantidad es decir, ocho millones de millones de millones, doscientos ochenta y tres mil ochocientos ochenta y nueve millones de millones cuatrocientos cuarenta mil millones de libras.»

Este cálculo curioso de Pascal no se ha modificado mucho con las medidas contemporáneas. Podemos llegar á la misma determinacion por otro procedimiento.

La presión atmosférica es de 1 kilogramo y 33 gramos por centímetro cuadrado, ó de 103 kilogramos por decímetro cuadrado, ó de 10 330 kilogramos por metro cuadrado.

Una superficie de 10 metros cuadrados sufre un peso de aire cien veces mayor que el precedente representado por 1 033 000 kilogramos. Una superficie de 100 metros cuadrados sufre una presión de 103 300 000, y una superficie de 1 000 metros cuadrados 10 330 000 000: diez mil trescientos treinta millones de kilogramos de aire.

Ahora bien; la superficie total de la Tierra es, próximamente de 510 millones de kilómetros cuadrados: multiplicando el número precedente por 510 millones se obtiene el peso colosal de 5 268 billones de kilogramos. A consecuencia de los páramos que se elevan sensiblemente sobre el nivel del mar, podríamos admitir 5 000 billones (Pascal solo encontraba 4 000) (1). Este es el peso real de la Atmósfera terrestre.

Siendo el peso de la Tierra de 5 cuatrillones, 875 000

trillones de kilogramos, se ve que el peso de la Atmósfera es próximamente la millonésima parte del peso del planeta, ó mas exactamente $\frac{1}{1\,100\,000}$

Si toda esta masa de aire estuviera aglomerada en una sola bola, pesaria tanto como una bola de cobre de 100 kilómetros de diámetro ó de 75 leguas de circunferencia máxima.

Se ve, pues, que el peso del aire está muy lejos de ser insignificante; y que se esplican perfectamente por él los desastres horribles ocasionados por los vientos y los huracanes de que tendremos ocasion de hablar.

(1) Es natural que Pascal hallase un peso mucho mas pequeño para la Atmósfera suponiendo la superficie esférica de la Tierra igual á 16.495,200 leguas cuadradas. Suponiéndola segun los datos mas modernos de 510.000,000 de kilogramos, ó de 20.400,000 leguas cuadradas hubiera obtenido un resultado casi idéntico al que se obtiene hoy.

(N. del T.)

CAPÍTULO V.

COMPOSICION QUÍMICA DEL AIRE.

Al eminente químico Lavoisier debe la ciencia el descubrimiento de la composición del aire.

Remontémonos directamente á los trabajos de este laborioso investigador, y escuchemos de su propia boca el resumen de sus curiosos estudios.

Nuestra atmósfera, dice, debe estar formada por la reunion de todas las sustancias susceptibles de permanecer en estado gaseoso á la temperatura y á la presión que tenemos habitualmente. Estos fluidos forman una masa de naturaleza casi homogénea desde la superficie de la tierra hasta la mayor altura á que ha podido llegarse, y cuya densidad disminuye en razón inversa del peso á que está sometida; pero es posible que esta primera capa esté á su vez recubierta de otra ú otras de diferente naturaleza.

¿Cuál es el número y cuál la naturaleza de los fluidos elásticos que componen esta capa inferior en que habitamos?

Después de establecer que la química presenta dos métodos esenciales para estudiar los cuerpos, la análisis y la síntesis, describe Lavoisier del modo siguiente su famoso experimento del primer análisis del aire:

Tomé un matraz de 36 pulgadas cúbicas próximamente de capacidad, con un cuello muy largo de 6 á 7 líneas de diámetro interior. Le encorbé

para que pudiera colocarse en un hornillo, desembocando el cuello bajo una campana colocada en el baño de azogue. Puse dentro del matraz 4 onzas de azogue muy puro, y despues chupando con un sifon que introduje en la campana, hice que el azogue se elevase en ella hasta cierto punto marcando cuidadosamente esta altura con una tira de papel engomado; y observé exactamente el barómetro y el termómetro.

Preparadas las cosas de este modo, encendí fuego en el hornillo alimentándole casi continuamente doce dias de modo que el azogue se calentase hasta el grado necesario para empezar á hervir.

Durante el primer dia no pasó nada digno de notarse: el azogue aun cuando no hervia estaba en un estado continuo de evaporacion, y tapiaba el interior de los vasos de gotitas, muy pequeñas al principio, y que despues iban aumentando hasta adquirir cierto volúmen, en cuyo caso caian por si mismas al fondo y se reunian al resto del liquido. Desde el segundo dia, empecé á ver flotar en la superficie de este algunas particulas rojas, que durante cuatro ó cinco dias crecieron en número y en volúmen, quedando, al cabo de este tiempo, sin aumentar mas, y absolutamente en el mismo estado. Pasados doce dias, y viendo que la calcinacion de azogue no hacia ningun progreso, apagué el fuego y dejé que se enfriaran los vasos. El volúmen de aire, que antes de la operacion habia en el matraz, en su cuello y en la parte superior de la campana era próximamente de 50 pulgadas cúbicas. Cuando terminó la evaporacion, este mismo volúmen, bajo iguales condiciones de presion y de temperatura no ascendia mas que á 42 ó 43 pulgadas: habia habido por lo tanto una disminucion próximamente de un sexto. Por otra parte, habiendo reunido cuidadosamente las particulas rojas que se habian formado, y despues de separar el azogue metálico de que estaban bañadas, encontré que su peso era de 45 granos.

El aire que quedaba despues de la operacion, cuyo volúmen se habia reducido á los cinco sextos por la calcinacion del azogue, no era ya propio ni para la respiracion, ni para la combustion, porque los animales que se introducian en él, perecian á los pocos momentos y las luces se apagaban inmediatamente, como si se hubieran introducido en agua.

Por otra parte, tomé los 45 granos de sustancia roja que se habia formado durante la operacion, los introduje en una retorta de vidrio muy pequeña, á la cual adapté un aparato apropiado para recibir los líquidos y gases que pudieran desprenderse. Encendí fuego en el hornillo y observé que á medida que la sustancia roja se calentaba, su color se hacia mas intenso. Despues, cuando la retorta estaba casi incandescente, la sustancia empezó á disminuir de volúmen y en pocos minutos desapareció por completo; condensándose al mismo tiempo en el recipiente 41 $\frac{1}{2}$ granos de azogue metálico, y pasando á la campana 7 á 8 pulgadas cúbicas de un gas mucho mas á propósito que el aire atmosférico para mantener la combustion y la respiracion de los animales.

Hice pasar un poco de este gas á un tubo de vidrio de una pulgada de diámetro, y pude observar que una bugia introducida en él, ardia con un brillo deslumbrador; el carbon en vez de arder tranquilamente como en el aire ordinario, se quemaba con llama y decrepitation, de un modo parecido á aquel con que arde el fósforo, y con una luz tan viva que apenas podia soportarla la vista. A este aire que hemos descubierto casi al

mismo tiempo M. Priestley, M. Schéele y yo, se le ha dado por el primero el nombre de aire desflogisticado, y por el segundo el de aire empireo. Yo le habia dado primero el nombre de *aire eminentemente respirable*: despues he sustituido este nombre con el de *aire vital*.

Reflexionando sobre este experimento, se vé que el azogue al calcinarse absorbe la parte salubre y respirable del aire, ó para hablar con mas exactitud la base de esta parte respirable y que la porcion de aire que queda es una especie de tufo incapaz de mantener la combustion y la respiracion: el aire se compone, pues, de dos gases diferentes, y por decirlo así de naturaleza opuesta.

La mejor prueba de esta importante verdad, es que volviendo á combinar los dos fluidos elásticos obtenidos separadamente, es decir, las 42 pulgadas cúbicas de tufo ó aire no respirable, y las 7 ú 8 pulgadas cúbicas de aire respirable, se vuelve á formar aire semejante por completo al de la atmósfera, y que es propio, del mismo modo y en el mismo grado que él para la combustion, para la calcinacion de los metales, para la respiracion de los animales....

Llegando despues á las denominaciones que deben darse á las sustancias descubiertas, añade Lavoisier:

Estando la temperatura del planeta que habitamos muy próxima á aquella en que el agua pasa del estado líquido al sólido y reciprocamente, y verificándose con mucha frecuencia á nuestra vista este fenómeno, es natural que en todos los idiomas, al menos en los climas en que existe el invierno, se haya dado un nombre al agua solidificada por falta de calor.

No hemos creído que tuviéramos facultad para variar nombres admitidos y consagrados en la sociedad por el uso. Hemos dado, pues, á los nombres *agua* y *hielo* su acepcion vulgar y hemos designado por la palabra *aire* la coleccion de fluidos elásticos que componen nuestra atmósfera.

En cuanto á las palabras nuevas las hemos tomado principalmente del griego, procurando que su etimología recordase la idea de las cosas que nos proponiamos indicar: sobre todo hemos procurado no admitir mas que palabras cortas y en lo posible susceptibles de formar adgetivos y verbos.

Segun esto, hemos conservado el nombre *gas* empleado por Van-Helmont, y hemos comprendido en esta palabra la numerosa clase de los fluidos elásticos aeriformes.

El aire de la atmósfera se compone principalmente de dos fluidos aeriformes ó gases: uno de ellos respirable, susceptible de mantener la vida animal, y en el que pueden calcinarse los metales y arder los cuerpos combustibles: el otro que tiene propiedades completamente opuestas, irrespirable para los animales, que no puede mantener la combustion, etc. A la base de la porcion respirable del aire, la hemos dado el nombre de *oxígeno* derivándolo de las dos palabras griegas *οξής* ácido y *γενναίος* engendro, porque en efecto una de las propiedades mas generales de esta base es formar ácidos combinándose con la mayor parte de las sustancias. Llamaremos, pues, oxígeno á la reunion de esta base con el calórico. Su peso en este estado es precisamente de medio grano (peso del marco) por pulgada cúbica ó de onza y media por pié cúbico, todo á 10 grados de temperatura y á 25 pulgadas del barómetro.

No estando aun bien determinadas las propiedades químicas de la parte no respirable del aire de la atmósfera, nos hemos contentado con deducir el nombre de su base de la propiedad que tiene este gas de privar de la vida á los animales que le respiran, y le hemos llamado *ázoë*, compuesto de la partícula privativa griega *α* y de *ζωή* vida. Así, pues, la parte no respirable de aire será el gas azóico. Su peso es de 1 onza, 2 gros y 48 granos el pié cúbico ó de 0,4444 granos la pulgada cúbica (1).

La naturaleza del aire quedó, pues, perfectamente establecida desde que se hicieron estos esperimentos, que son del año 1777. Sin embargo, su verdadera composición no ha sido conocida hasta el siglo presente.

La primera análisis exacta del aire apenas data de hace cincuenta años, y es debida á Gay-Lussac y Humboldt que la hicieron por medio del hidrógeno y valiéndose del *eudiómetro*.

Cuando se verifica la combustion de una mezela de volúmenes iguales de aire y de hidrógeno puro, en el eudiómetro de azogue, todo el oxígeno desaparece formándose agua que se condensa en forma de rocío, y cuyo volúmen

(1) Solo en los libros franceses y en algunas malas traducciones ó imitaciones de esos mismos libros se encuentra la voz *ázoë* para designar este gas. En la mayoría de los idiomas se llama *nitrógeno*, y se formula N., debiéndose esta denominación á Chaptal que se la dió despues de saberse que era el elemento constitutivo del ácido nítrico. Ha tenido los nombres de *aire flogisticado* (Priestley, 1775) *aire destructor* (Schéele, 1777) *alcaligeno* (Fourcroy) *tufo ó mofeta atmosférica, septon, aire viciado*. Su descubrimiento primitivo se debe á Rutherford, químico inglés que le obtuvo en 1772 es decir un año antes de que Lavoissier demostrase su presencia en el aire. La denominación *ázoë* tiene el grave inconveniente de que no cumple con la condicion, que el mismo Lavoissier dice se habia impuesto, de recordar alguna de las propiedades del cuerpo, puesto que la de no ser apto para la vida la comparte con todos los demás gases, á escepcion del aire atmosférico y el óxido nítrico hasta cierto punto. El doctor Stockhardt dice de él lo siguiente: «El *ázoë* se ha llamado así, sin razon, porque no egerce ningun efecto nocivo sobre las funciones vitales: le inspiramos durante la respiracion sin sufrir molestia alguna: lo único que hace es no mantener la vida; es inerte, al paso que el oxígeno es el único activo e indispensable. Otros muchos cuerpos egercerian tambien efectos perniciosos sobre el organismo si intervinieran puros en sus funciones.....»

Por estas razones y por seguir la costumbre establecida entre los químicos españoles, daremos siempre á este gas el nombre de *nitrógeno* en vez del de *ázoë* con que le presenta el autor, siguiendo en esto á casi todos los químicos franceses.

(N del T.)

puede despreciarse: queda entonces una mezcla de nitrógeno con el exceso de hidrógeno empleado. Ahora bien; el hidrógeno convierte en agua un volúmen de oxígeno igual á la mitad del suyo, luego el volúmen de oxígeno contenido en el aire que habia en el eudiómetro será igual á la tercera parte del volúmen del gas que ha desaparecido. Si despues de la esplosion se hace la medida de los gases que quedan, á la misma presion y á la misma temperatura que antes, y si ademas los gases estaban préviamente saturados de humedad, los resultados obtenidos no necesitarán correccion alguna. Tal es el principio en que se funda el método.

Gay-Lussac y Humboldt hallaron en volúmen 21 por 100 de oxígeno y 79 de nitrógeno. Esta análisis se ha repetido despues por casi todos los químicos, con objeto de estudiar las modificaciones que la vida de los animales y de los vegetales puede ocasionar en la composicion del aire, y conocer mejor las sustancias que pueden hallarse mezcladas en él.

Dumas y Boussingault han ideado otro método, que permite *pesar* las cantidades relativas de oxígeno y de nitrógeno contenidas en el aire atmosférico, lo cual da resultados mucho mas exactos que la medida de los volúmenes—siempre muy pequeños—empleados en los otros métodos. El aparato para esta análisis se compone: 1.º de un tubo que toma el aire fuera de la habitacion en que se opera: 2.º de un tubo de bolas de Liebig que contiene una disolucion concentrada de potasa cáustica: 3.º de una série de tubos en U, llenos de fragmentos de potasa cáustica: 4.º de otro tubo de bolas que contiene ácido sulfúrico concentrado: 5.º de otra série de tubos como los anteriores llenos de pedacitos de piedra pomez impregnados de ácido sulfúrico concentrado: 6.º de un tubo recto de vidrio refractario, lleno de torneaduras de cobre y colocado sobre un hornillo largo de palastro de modo que pueda calentarse en toda su longitud; en las estremidades de este tubo hay dos llaves de paso que permiten hacer el vacío en el interior: 7.º de un globo de vidrio de 10 á 15 litros de capacidad, cuyo cuello tiene otra llave de paso. Esto supuesto,

se hace el vacío del mejor modo posible, en el tubo recto se cierran las dos llaves de paso y se pesa, verificando la mismas operaciones con el globo. Se monta entonces todo el aparato del modo que hemos indicado, y se calienta hasta el rojo el tubo; despues se abren sucesivamente sus dos llaves y la del globo de vidrio. En virtud del vacío que existe en este, el aire penetra por el tubo aspirador de la derecha, atraviesa primero el tubo de bolas y los tubos en U, en los cuales deja el ácido carbónico que contenia, y pasa despues al segurado tubo de bolas y á los otros en U, dejando en ellos el vapor de agua. Libre de estos dos cuerpos, llega al tubo recto que contiene cobre metálico al calor rojo: cede su oxígeno á este metal, y penetra en el globo de vidrio nitrógeno puro.

El aumento de peso que se advierte en el tubo, da evidentemente el peso del oxígeno que se ha fijado en el cobre, y la diferencia entre el peso del globo antes y despues del experimento representa el peso del nitrógeno. Por medio de esta análisis han demostrado Dumas y Boussingault que 100 partes de aire contienen:

Oxígeno.	23	en peso;	20,8	en volúmen.
Nitrógeno.	77	—	79,2	—

La diferencia que se observa entre la relacion de los pesos y la de los volúmenes depende de que á igualdad de volúmen el oxígeno pesa un poco mas que el nitrógeno.

He aquí, pues, los dos elementos fundamentales de la composicion química del aire; pero este contiene tambien otras sustancias aunque en cantidad mucho mas pequeña: tales son el ácido carbónico y el vapor de agua.

La cantidad de estos se determina por el aparato de Mr. Boussingault. Un receptáculo de palastro que está lleno de agua, se vacía por medio de una llave colocada en su parte inferior: el agua que sale es sustituida por el aire que procede del exterior, pero que no puede llegar al receptáculo sino despues de haber atravesado seis tubos en U. Los dos primeros contienen piedra pomez empapada en ácido sulfúrico, y el aire que los atraviesa deja en ellos

su humedad. Los dos tubos medios están llenos de una disolución concentrada de potasa que se apodera á su vez del ácido carbónico: por último, los tubos mas proximos al aspirador se hallan tambien llenos de piedra pomez con ácido sulfúrico; el mas inmediato á los de la potasa tiene por objeto secar el aire de la humedad que haya podido adquirir al pasar por aquella y el último, impedir que la humedad del aspirador pueda pasar á los otros tubos. Pesando las diversas partes de este aparato antes y despues del experimento se obtienen el peso del agua y del ácido carbónico contenido en un volúmen de aire igual al del aspirador.

La atmósfera contiene próximamente 4 diez milésimas de su volúmen de ácido carbónico.

Aun puede analizarse el aire y separar el oxígeno del nitrógeno por un procedimiento muy sencillo.

En un tubo graduado que contiene un volúmen de aire determinado, medido sobre el agua ó sobre el azogue, se introduce un cilindro grande de fósforo. Al cabo de 6 ó 7 horas se ha absorbido todo el oxígeno y puede quitarse el fósforo y medir el gas que queda, es decir, el nitrógeno.— Se conoce que la absorcion es completa, cuando no se ven lucecitas en la superficie del cilindro de fósforo, llevando el aparato á la oscuridad.

Puede hacerse mas rápida la absorcion del oxígeno por el fósforo calentando el gas en una campana curva—en la cual se ha introducido un pedazo de este último cuerpo—con una lamparilla de espíritu de vino; el fósforo se enciende y se volatiliza parcialmente; y cuando la llama ha recorrido toda la parte del aparato ocupada por el gas, ha terminado el experimento. Se deja enfriar, se trasvasa el gas á un tubo graduado y se mide el volúmen de nitrógeno. La diferencia entre este volúmen y el primitivo da el oxígeno.

El oxígeno y el nitrógeno son dos *gases permanentes*, es decir, dos gases á los cuales no se ha podido hacer perder su forma gaseosa hasta el dia, ni por el frio ni por la compresion. El primero, el oxígeno, es el agente ordinario de las combustiones, ya tengan lugar en nuestros hogares ó en el mismo interior de nuestros órganos; el segundo por el contrario, es el que le sirve de moderador.

El ácido carbónico, que existe en cantidades muy variables, aunque siempre muy pequeñas, según los tiempos y los sitios, ha podido liquidarse y hasta solidificarse con la ayuda de una fuerte presión y de un frío muy intenso. Sólido, presenta el aspecto de una nieve muy ligera y muy compresible, cuyo contacto con la piel produce el efecto de una quemadura (1): la epidermis se desorganiza por este frío excesivo lo mismo que por el calor. En las dosis mínimas en que se encuentra en el aire el ácido carbónico, no presenta inconveniente; en dosis más fuertes perjudica á la respiración y acaba por producir la asfixia.

Las emanaciones y los manantiales abundantes de ácido carbónico sólo se encuentran frecuentemente en las regiones volcánicas.

Cuando Boussingault exploró los cráteres del Ecuador, reconoció una localidad en que los animales no podían permanecer impunemente: era el Tunguravilla, situado á poca distancia del volcán de Tunguragua, que el químico visitó en Diciembre de 1831. «Nuestros caballos, dice en su relación, nos indicaron bien pronto que nos aproximábamos: no obedecían á la espuela, y levantaban la cabeza dando sacudidas del modo más incómodo para el jinete. La tierra estaba llena de cadáveres de pájaros, y entre ellos se hallaba un magnífico urogallo, que nuestros guías se apresuraron á recoger. Entré los asfixiados había también muchos reptiles y una multitud de mariposas. La cacería fué buena, y la caza no pareció demasiado manida. Un indio Quichua viejo, que nos acompañaba, decía que cuando se deseaba tener un sueño largo y tranquilo, era preciso hacer la cama en el Tunguravilla.»

La emanación de este gas deletéreo se manifiesta por la

(1) Todos los cuerpos que se solidifican á temperaturas muy bajas producen el mismo efecto; el azogue, por ejemplo, que se congela á 40° bajo 0 no puede manejarse en este estado sino con gruesos guantes de piel, ó por medio de pinzas. Algunos físicos, entre ellos Grove, suponen que la gran cantidad de calórico que acude al punto en que se aplican estas sustancias, para buscar el equilibrio de temperatura, es el que produce este efecto.

esterilidad que se advierte en el suelo en una estension de algunos centenares de metros cuadrados; esta circunstancia era muy intensa, especialmente en un punto en que se veian muchos árboles corpulentos, caidos, secos y casi enterrados en la tierra vegetal, lo que hace suponer que habian vivido en aquel mismo sitio, y que habian caido despues de la erupcion de gas ácido carbónico. Este gas, lo mismo que el que se encuentra en otras regiones del globo, es ácido carbónico mas ó menos mezclado con aire, segun la distancia del suelo á que se recoge.

El ácido carbónico egerce una accion directa y venenosa sobre los nervios y el cerebro: de aquí los efectos anestéticos que puede producir, y que todos los viajeros han tenido ocasion de observar en una gruta que se ha hecho célebre precisamente por este carácter: la gruta del Perro, en Pozzuoli, cerca de Nápoles.

El guarda tiene un perro que tiende en medio de la gruta, despues de haberle atado los piés para impedir que huya. El animal manifiesta una viva ansiedad; brega algun tiempo por desatarse, y muy pronto aparece exánime: entonces el amo le saca y le espona al aire libre. Poco á poco el perro vuelve á la vida, y se repone de tal modo, que uno de los empleados en este experimento ha hecho su servicio durante mas de tres años. Hoy está casi probado que las convulsiones de las pitonisas encargadas de transmitir á los mortales los decretos de los dioses, eran producidas por emanaciones de ácido carbónico preparadas por los sacerdotes.

La gruta del Perro está situada en la falda de una loma estremadamente fértil, enfrente y á poca distancia del lago d'Agnano.

La entrada se cierra con una puerta cuya llave tiene el guarda. La gruta tiene el aspecto de una cueva cuyo techo y paredes estuvieran groseramente talladas en la roca. Su anchura es de un metro próximamente, su profundidad de tres metros y su altura de metro y medio. Sería difícil juzgar por su aspecto si es natural ó hecha por el hombre: el suelo de esta caverna es terroso, húmedo, negro y á veces ardiente. Está como bañada por una niebla blanquecina

en la que se distinguen pequeñas burbujas. Esta niebla procede de ácido carbónico, que se pone opaco por la presencia de un poco de vapor de agua. La capa de gas, tiene de 20 á 60 centímetros de espesor: presenta, pues, un plano inclinado cuya mayor altura corresponde á la parte mas profunda de la gruta, lo cual es una consecuencia física de la disposición del suelo, que se halla al mismo nivel próximamente que la abertura exterior; á consecuencia de lo cual el gas sale por debajo de la puerta y forma en el sendero de la montaña como un arroyo, cuyo curso se puede seguir á bastante distancia. Cuando el tiempo está sereno y sin aire, una vela colocada en la parte exterior se apaga á dos metros por bajo de la entrada.

Un perro muere en esta gruta al cabo de tres minutos; un gato en cuatro, un conejo en setenta y cinco segundos. En menos de diez minutos perece un hombre si se acuesta horizontalmente sobre aquel suelo fúnebre. Se cuenta que el emperador Tiberio hizo encadenar en ella dos esclavos que perecieron inmediatamente, y que Pedro de Toledo, virey de Nápoles hizo tambien encerrar á dos condenados, que sufrieron la misma suerte.

Dos análisis del aire de esta gruta recogidos en distintas épocas han dado en volúmen (Ch. Saint-Claire Deville y F. Le Blanc).

Acido carbónico.	67,1	73,6
Oxígeno.	6,5	5,3
Nitrógeno.	26,4	21,1
	<hr/>	<hr/>
	100,0	100,0

Por otra parte, no hay necesidad de ir tan lejos para encontrar este predominio del ácido carbónico. Hay cerca de París, en Montrouge y en sus cercanías, canteras abandonadas y hasta cuevas que se llenan en ciertas épocas de este gas mefítico.

Existen tambien en las riberas del lago Laacher, cerca del Rhin y cerca de Aigueperse, en Auvèrnia, dos manantiales de ácido carbónico de una abundancia tal que produ-

cen accidentes en medio del campo. El gas sale de pequeñas depresiones del terreno en cuyas márgenes hay una hermosísima vegetación; los insectos atraídos por la riqueza de la verdura, se guarecen en ella, y caen asfixiados: sus cadáveres atraen á los pájaros, que también perecen, y por último los pastores de las cercanías, que conocen el peligro, recogen desde lejos estos animales y hacen sin gasto alguno una caza, frecuentemente muy lucrativa. Hace algunos años que el manantial de Aigueperse se ha agotado casi por completo.

Los accidentes que este gas produce en las bodegas, en las minas y aun en los mismos pozos, habian dado lugar en la edad media á las consejas mas extravagantes. Segun se decia, estos sitios estaban frecuentados por demonios, por duendes ó por génios que guardaban tesoros subterráneos, y cuya sola mirada producía la muerte; porque naturalmente era inútil buscar lesiones, heridas ó cardenales en los desgraciados que sufrían aquella muerte repentina.

Además del oxígeno, del nitrógeno y del ácido carbónico contiene el aire cierto número de sustancias distintas en cortísima cantidad y en proporciones muy variables.

La mas importante es el vapor de agua, que ya hemos indicado al hablar del método que sirve para determinarla. El aire contiene siempre y en todas partes, cierta cantidad de vapor acuoso disuelto, en un estado invisible; en ciertas condiciones de abundancia y de temperatura que analizaremos mas adelante, constituye las nubes y las nieblas.

Esta cantidad de vapor de agua es variable segun las estaciones, la temperatura, la altitud, la situación geográfica etc. Para una presión y una temperatura determinadas, el máximo que puede tener el aire en disolución es invariable. El estado higrométrico del aire para una temperatura dada, no es otra cosa que la relación entre la humedad que realmente existe en el aire y la que existiría si estuviera saturado á la misma temperatura.

Los millones de metros cúbicos de vapor de agua, que, trasportados por el aire, forman las nubes y las lluvias, constituyen el elemento mas importante de la atmósfera bajo el punto de vista de la circulación de la vida. Por

esta razon, *el agua*, será mas adelante el objeto de estudios completamente especiales, en este libro sobre el *aire*.

Se ha podido calcular la cantidad de calórico empleado en evaporar las aguas en la superficie de la Tierra. La evaporacion que se produce actualmente puede representarse por el volúmen de agua meteórica que cae de la Atmósfera durante el mismo espacio de tiempo.

Considerandò en su conjunto los resultados de observaciones hechas en diferentes latitudes y en los dos hemisferios, se ha llegado á fijar este volúmen en la cifra de 703 435 kilómetros cúbicos! lo cual equivale á una capa de agua de 1^m.379 de espesor que cubriese toda la tierra. La cantidad de calor que el globo pierde por esta evaporacion bastaria segun Mr. Daubrèe para liquidar una capa de hielo de 10^m.70 de grueso que cubriera toda la superficie del mundo.

Segun los cálculos de Dalton, la Atmósfera contiene próximamente 0,0142 de su peso de agua; las capas superiores están casi absolutamente exentas de ella.

¿Qué otras sustancias contiene aun la Atmósfera?

Contiene indudablemente cortas cantidades de amoniaco, parte al estado de carbonato, parte al estado de nitrato y hasta de nitrito amónicos. El origen de este amoniaco debe atribuirse evidentemente á la descomposicion de las materias animales y vegetales: y su existencia en el aire tiene una importancia particular bajo el punto de vista de los fenómenos de la vegetacion y de la estática de las plantas. Muchos químicos se han ocupado de determinar la proporcion exacta, que segun parece no escede de algunas millonésimas del volúmen del aire.

La cantidad en peso de amoniaco encontrado en las aguas es la siguiente.

En las aguas de lluvia.	0,0000008.
En las aguas de rios.	0,0000002.
En las aguas de manantiales.	0,0000001.

En el agua del mar se han encontrado de 2 á 5 décimos de miligramo de amoniaco por litro. Esta proporcion,

es sin duda muy exígua; pero si se piensa que el Océano recubre mas de las tres cuartas partes del globo, y se considera su masa, se comprenderá que bien puede considerársele como un inmenso depósito de sales amoniacales, en donde la Atmósfera podria recuperar las pérdidas que experimenta á cada instante.

Los rios llevan tambien al mar prodigiosas cantidades de sustancias amoniacales. Para citar un ejemplo, el Rhin, en Lauterbourg, lleva, en la corriente media de sus aguas, 1 100 metros cúbicos por segundo. Un litro de esta agua contiene como mínimo 17 cien-miligramos de amoniaco; resulta, pues, que el Rhin en 24 horas al pasar por Lauterbourg, arrastra en sus aguas por lo menos 10 245 kilogramos de amoniaco, ó lo que es lo mismo mas de 6 millones de kilogramos al año.

La Atmósfera—reconstituida constantemente en sus principios actualmente invariables por el trabajo inmenso de los séres vivientes, que como otros tantos ventiladores químicos se agitan sin cesar en el fondo del Océano aéreo—es el teatro de modificaciones químicas accidentales, que toman tambien parte en su organizacion general. Segun hemos visto se escapan del suelo vapores acuosos, efluvios de gas ácido carbónico, casi siempre sin mezela de nitrógeno; gas hidrógeno sulfurado, vapores de azufre; con menos frecuencia vapores de ácido sulfuroso y de ácido clorhídrico, y por último hidrógeno carbonado, que se usa en algunos pueblos hace muchos millares de años para el alumbrado y la calefaccion.

De todas estas emanaciones gaseosas, las mas frecuentes y mas abundantes son las de ácido carbónico. En las edades anteriores, el calor mas elevado del globo y el mayor número de fallas que no se habian rellenado aun por las rocas ígneas, favorecieron poderosamente estas emisiones: grandes cantidades de vapor de agua, y del citado gas, se mezclaron al flúido aéreo y produjeron aquella exuberante vegetacion de los periodos del carbon de piedra, manantiales casi inagotables de fuerza fisica para las naciones. La gran cantidad de ácido carbónico cuya combinacion con la cal ha producido las rocas calizas, salió en—

tonces del seno de la tierra, bajo la influencia predominante de rocas volcánicas. La parte que las tierras alcalinas no pudieron absorber se esparció por el aire, de donde los vegetales del mundo antiguo lo tomaban constantemente. También entonces, abundantes emanaciones de ácido sulfúrico gaseoso, destruyeron los moluscos y los peces, y formaron las capas de yeso. A. de Humboldt añade que la introducción de carbonato amónico en el aire es probablemente anterior á la aparición de la vida orgánica en la superficie del globo.

Además de los vapores amoniacales la atmósfera contiene aun indicios no insignificantes de ácido *nitrico* y de ácido *nitroso*. Muchos observadores han demostrado también, sobre todo en las grandes ciudades, la presencia de una pequeña cantidad de un *principio hidrogenado* y probablemente carburado. M. Boussingault, ha probado antes que nadie por experimentos escrupulosos, que en el aire de Lyon existía un gas ó un vapor hidrogenado, cuya riqueza en hidrogeno llegaba como máximo á 0,0001 en una parte de aire, en volúmen.

La análisis ha descubierto también una cantidad variable de *iodo*.

La desaparición completa ó casi completa del iodo en el aire ó en las aguas de ciertos países montañosos, debe tener según M. Chatin una íntima relación con la existencia de *paperas* (1) en los habitantes de esos países. Las deducciones de este sábio se han acogido generalmente por los químicos con alguna incredulidad. Sin embargo, si se reflexiona que las aguas pluviales recogidas en los *pluviómetros* contienen sales diversas que proceden del lavado de algunos cor-

(1) Enfermedad de la garganta muy frecuente en las comarcas montañosas y principalmente en aquellas en que abundan los castaños.

En Asturias se padece mucho y se atribuye á que las aguas pasan por las raíces de estos árboles: hay algunos pueblos en que es tan general que los habitantes dicen con tal motivo que

El que non ten papo
Non ié guapo.

En medicina se conoce la enfermedad con el nombre científico de *bocio*.

(N. del T.)

púsculos en suspension en la atmósfera, y que algunos químicos espertos han demostrado frecuentementela presencia del iodo en las aguas de lluvia, se podrá conceder sin dificultad que la existencia de este cuerpo libre ó combinado puede admitirse, si no como constante, al menos como accidental en el aire.

Llegamos ya al último elemento que demuestran en la Atmósfera los estudios especiales; al *ozono*.

Hacia el año de 1780, Van-Marum, usando para ello poderosas máquinas eléctricas hizo saltar en un tubo lleno de oxígeno, un gran número de chispas de cerca de 15 centímetros de longitud. Despues de haber hecho pasar unas 500, observó que el gas habia tomado un olor muy fuerte, que segun él, «parecia muy claramente ser el olor de la materia eléctrica.» Todo el mundo sabe en efecto que cuando cae un rayo en alguna parte, deja lo que se llama vulgarmente olor de azufre. Van-Marum observó tambien que el gas, despues del esperimento tenia la propiedad de oxidar el azogue en frio. Sesenta años despues, en 1839 M. Schœnbein, profesor en Basilea decia en un informe á la Academia de ciencias de Munich, que habiendó descompuesto el agua por medio de la pila, le habia llamado la atencion el olor del gas desprendido en el polo positivo. Despues de algunas investigaciones, dedujo que se habia puesto en evidencia por su esperimento algun nuevo cuerpo simple, y le llamó *ozono* de *ózo* (esparcir olor). Despues se presentaron un gran número de memorias de diferentes sábios, sobre el mismo objeto.

El ozono es interesante bajo el aspecto químico, tanto por su naturaleza como por sus enérgicas afinidades: oxida directamente la plata y el azogue por lo menos cuando estos metales están húmedos; descompone el ioduro potásico, separando el iodo y formando con el metal un óxido sin duda alguna mas oxigenado que la potasa. Los hidrácidos le ceden su hidrógeno. Las sales de manganose descomponen á su contacto con formacion de peróxido. El cloro, el bromo y el iodo, se convierten por medio del ozono en ácidos clórico, brómico y iódico, con tal de que estén húmedos.

Este cuerpo escita los pulmones, provoca la tos, difi-

culta la respiracion y presenta todos los caractéres de una sustancia venenosa.

A pesar de todos los estudios hechos sobre el ozono, su conocimiento bajo los aspectos físico y químico deja aun mucho que desear y es fácil darse cuenta de esto, si se considera que por los medios mas perfectos solo puede transformarse $\frac{1}{1300}$ de una masa de oxígeno en ozono libre; llegado á este máximo la accion cesa. ¿Cómo ha de estudiarse bien un cuerpo que se halla forzosamente diluido por lo menos en 1 300 veces su volúmen de otro gas?

Se ha pensado en agregar á las observaciones meteorológicas ordinarias observaciones ozonoscópicas y aun ozonométricas. Entre los observadores que han seguido este camino es indispensable citar á los señores Schœnbein Bérigny, Pouriau, Bœckel, Houzeau y Scoutetten.

Mr. Schœnbein, para hacer sus observaciones, disuelve una parte de ioduro de potasio, y 10 partes de almidon en 200 partes de agua hirviendo y luego empapa en esta disolucion papel sin cola. Le deja secar en una habitacion cerrada y luego le corta formando tiras. Este papel se pone azul en contacto con el ozono, porque el iodo, que queda en libertad, reacciona sobre el almidon, y la intensidad de la tinta depende de la cantidad de oxígeno ozonizado. Cada dia se espone una tira al aire libre durante doce horas al abrigo de los rayos solares y de la lluvia y despues se compara su tinta á una escala de 10 colores que van oscureciéndose sucesivamente desde el blanco hasta el añil.

En 1851 se dedicaron los señores Marignac y de la Rive á numerosas investigaciones experimentales sobre el ozono, y dedujeron que esta sustancia debe ser sencillamente oxígeno, en un estado particular de actividad química, determinado por la electricidad. Berzelius y Faraday aceptaron la opinion de los físicos ginebrinos y posteriormente en 1852 los señores Frémy y Becquerel, han demostrado por nuevos esperimentos, la exactitud de esta esplicacion.

Los trabajos de Tomás Andrews, publicados en 1855 no dejan duda alguna en este punto. El ozono, cualquiera que sea su origen, es un solo y mismo cuerpo, que tiene

siempre idénticas propiedades y la misma constitucion y que no puede considerarse como un cuerpo compuesto sino como un estado alotrópico del oxígeno, originado por la accion de la electricidad sobre este gas.

Esta opinion, fundada en bellísimos experimentos, ha prevaecido en todas partes, y la existencia del ozono considerado de este modo, parece hoy incontrovertible.

Añadamos tambien á estas diversas sustancias la presencia del agua oxigenada, demostrada por M. Struve, director del Observatorio de Pulkowa. Haciendo análisis químicas del agua del rio Kusa, llamó la atencion de nuestro sábio corresponsal la presencia en la misma de cierta cantidad de nitrito amónico, que no se acusaba por los reactivos sino despues de las nevadas ó de las lluvias. Pasado algun tiempo no se podia descubrir ni el menor indicio de esta sustancia. De aquí dedujo Mr. Struve que el nitrito amónico existia en el aire y que se disolvia en la nieve ó en el agua de lluvia. Hizo investigaciones acerca de la cuestion, y en el curso de sus trabajos llegó á descubrir la presencia de agua oxigenada en la atmósfera. De sus estudios resultan las siguientes conclusiones:

1.º El agua oxigenada lo mismo que el ozono y el nitrito amónico se forman en la Atmósfera y se separan del aire unidos á las deposiciones atmosféricas.

2.º El ozono, el agua oxigenada y el nitrito amónico están siempre íntimamente relacionados.

3.º Las alteraciones que el aire atmosférico hace experimentar á los papeles iodo-almidonados se deben al ozono y al agua oxigenada.

Una palabra mas.

Absorbiendo por medio de nuestros pulmones la cantidad de aire que necesitamos, respiramos sin saberlo ejércitos de animalillos microscópicos en suspension en el fluido atmosférico, y hasta animales antediluvianos, momias y esqueletos de épocas anteriores.

París está construido casi enteramente con caparazones y esqueletos calizos microscópicos. Las conchas fósiles de foraminíferos forman por sí solas, entre otras muchas, sierras enteras, elevadas colinas, y bancos inmensos de pie-

dras de construcción. La caliza grosera de las inmediaciones de París está tan cuajada, en algunos sitios, de estos restos, que cada centímetro cúbico de las canteras de Gentilly, en las cuales hay capas de una gran potencia, contiene por lo menos 20 000; lo que dá para el méτρο cúbico la enorme cifra de 20 000 000 000.

Cuando pasamos por las inmediaciones de algun derribo ó de un edificio en construcción, y nos vemos rodeados de una nube de polvo que penetra en nuestra garganta, tragamos muy amenudo, sin apercibirnos de ello, centenares de estos corpusculillos.

Todos los días y á todas horas, aspiramos y hacemos penetrar en nuestro pecho legiones animales y vegetales. Unas veces son microzoarios vivos, muchas especies de los cuales son como los peces de nuestra sangre; otras son vibriones, que se adhieren á nuestros dientes como las ostras á las rocas; otras es el polvo de animálculos microscópicos, tan pequeños que se necesitan 1 111 millones y medio para componer el peso de un gramo; en otras ocasiones son gránulos de polen que van á germinar en nuestros pulmones y á desarrollar en los mismos la vida parásita, incomparablemente mas estensa que la vida normal que perciben nuestros ojos.

La agitacion violenta de la Atmósfera, producida por los vientos y los huracanes, las corrientes ascendentes debidas á las diferencias de temperatura, las emisiones que los volcanes verifican de gases, vapores y cenizas en tal estado de division, que no se depositan sino á prodigiosas distancias, arrastran y sostienen en las mas altas regiones corpúsculos tomados de la superficie del suelo, ó arrancados de la parte interna y tal vez aun incandescente del globo. Estas sustancias tan ténues, y de orígenes tan diversos, cuyo vehículo es el aire, ejercen probablemente en los fenómenos enlazados con el organismo de las plantas y de los animales, una accion mucho mas marcada de lo que comunmente se cree. Su permanencia en la Atmósfera, no admite dudas, ateniéndose solo al testimonio de los sentidos cuando un rayo de sol penetra en un sitio poco alumbrado; la imaginacion concibe fácilmente, aunque con cierto

disgusto, dice M. Boussingault, el sinnúmero de cosas que existen en aquel polvo respirado sin cesar por nosotros, y que se han caracterizado perfectamente llamándolas, *las inmunidicias de la Atmósfera*. En cierto modo esos corpúsculos establecen el contacto entre individuos muy distantes unos de otros; y aunque su proporcion, su naturaleza, y por consiguiente sus efectos sean de los mas variados, bien puede atribuirseles, sin temor de escederse, una parte de la insalubridad que se nota en las grandes aglomeraciones de gente.

Para tener una idea de lo que podemos absorber cuando respiramos, basta solo echar una mirada á la coleccion de objetos de la página siguiente. Los cuatro primeros son formainíferos; los dos siguientes escamas de las alas de mariposas; en la segunda fila hay dos miliolas, conchas de la piedra de construccion y dos animáculos que se secan y vuelven á vivir en los techos, el tardígrado y el rotífero. La última fila representa granitos de pólen de los cuales, hay millares de millones en el aire, durante la primavera. Es inútil decir que estos séres y estos gérmenes están extraordinariamente aumentados. ¡Esto lo respiramos! y además comemos y bebemos otra infinidad de cosas semejantes.

Las aguas meteóricas arrastran estas sustancias al mismo tiempo que disuelven las solubles, ya sean fijas como ciertas sales amoniacales, ya se encuentren en estado de vapor como el carbonato amónico y el ácido carbónico que se hallan mezclados en el aire. Cuando empieza, pues, una lluvia debe contener mas principios solubles que cuando concluye, y si estando el viento en calma, llueve durante mucho tiempo, llega un instante en que el agua apenas contiene indicios de estas sustancias.

Los *miasmas* propagadores de las epidemias, son arrastrados tambien por los vientos. El cólera, la fiebre amarilla, la viruela, las enfermedades que afligen periódicamente á los pueblos, tienen, al parecer, su principal modo de propagacion en la Atmósfera, fábrica á la vez de la muerte y de la vida. Las estadísticas de París, demuestran que en las epidemias mas ó menos graves, la mortalidad es mayor

en los barrios del Norte á los que llevan los vientos meridionales los miasmas de la gran ciudad y donde el ozono desaparece casi por completo. El conocimiento de las condiciones de la salud pública, se robustecerá por el estudio de las relaciones de la meteorología con las variaciones de esta salud, que oscila constantemente bajo el ligero soplo de las brisas, y bajo la débil oscilacion de la presion barométrica.

El aire recogido por Gay-Lussac á 7,000 metros de altura en su viaje aerostático, tenia la misma composicion que el que se encuentra en la superficie de la Tierra. Los esperimentos de Boussingault en América, los de Brunner en los Alpes, demuestran exactamente lo mismo. Y esta semejanza en los resultados depende de que las corrientes de aire y las continuas variaciones de densidad mezclan constantemente las capas atmosféricas.

¿Sucede lo mismo todavía á alturas mucho mas considerables? Es probable que no, porque estando el nitrógeno y el oxígeno al estado de mezcla y no al de combinacion ambos gases deben colocarse segun el orden de sus densidades, si bien modificándose este por la ley de la expansion; es decir que deben estar como si fueran dos atmósferas distintas, la mas densa de las cuales se estenderia naturalmente menos que la otra; de manera que la proporcion de nitrógeno, cuya densidad es 0,972, siendo la del aire 1, debe aumentar á medida que se asciende en la Atmósfera; mientras que el oxígeno que tiene por densidad 1,057, debe hallarse en mayor proporcion en la superficie. Segun esta hipótesis, á 7,000 metros este último gas no deberia entrar mas que por 19 centésimas en el volúmen total del aire; pero hasta ahora los esperimentos no han podido demostrar esta diferencia, tal vez porque estas consideraciones exigirian que el aire estuviera tranquilo, cosa que no sucede nunca entre estos límites.

La composicion del aire varia entre límites muy próximos: cuando llueve, el agua condensada disuelve mas oxígeno que nitrógeno; cuando hiela el agua al solidificarse abandona estos gases, y el agua que se evapora los restituye tambien á la Atmósfera.

Podemos ahora preguntarnos, para terminar este estudio de la composición química del aire, si esta constitución sufre actualmente variaciones en el globo terrestre.

En virtud de una de estas grandes armonías que enlazan el reino animal y el vegetal, mientras que los animales funcionan como aparatos de combustión, fijan el oxígeno del aire y le vuelven á la Atmósfera convertido en ácido carbónico, los vegetales desempeñan un papel inverso: funcionan en efecto como aparatos de reducción. Bajo la influencia de los rayos solares, las partes verdes de las plantas reaccionan sobre el ácido carbónico, descomponiéndole; fijan el carbono y devuelven el oxígeno al aire. La Atmósfera, que los animales tienden á viciar, se purifica por los vegetales, y por consiguiente el equilibrio químico de composición tiende á conservarse en virtud de estas acciones inversas ejercidas sobre sus dos elementos constitutivos.

A primera vista parece que algunos fenómenos debidos á la descomposición de las rocas por oxidación, deberian modificar á la larga la composición del aire: pero una serie de acciones inversas de reducción, tiende á restituírle bajo la forma de ácido carbónico el oxígeno de que se habia visto privado. Según hace notar Ebelmen en su memoria sobre las alteraciones de las rocas, el conjunto de las reacciones de la materia mineral en la superficie del globo parece que tambien propende á establecer una compensación para mantener constante la composición química de la Atmósfera.

¿Se establece esta compensación de una manera exacta? Suponiendo que esto no suceda, lo cual es posible, ¿irá disminuyendo la cantidad de oxígeno? «Esta es una gran cuestión, decia Thenard, que no podrá resolverse sino al cabo de muchos siglos, en atención al enorme volumen de aire que rodea nuestro planeta.»

En su magnífica memoria sobre la verdadera constitución del aire atmosférico, se espresaban de este modo en 1841 Dumas y Boussingault.

«Algunos cálculos que indudablemente no pueden tener una precisión absoluta, pero que sin embargo descansan en un conjunto de datos bastante ciertos, demuestran

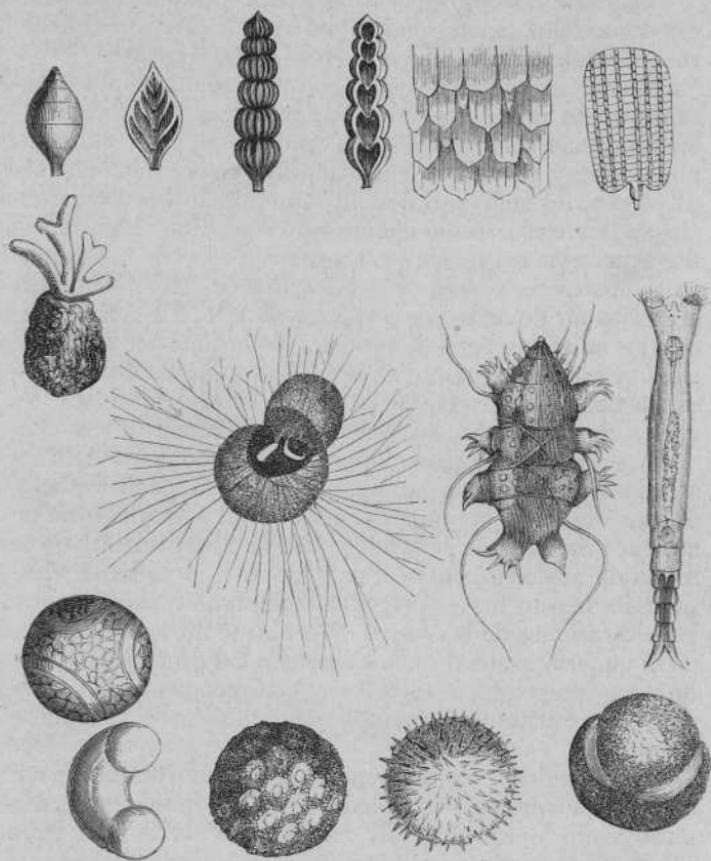


Fig. 7.—Las inmundicias de la Atmósfera — Lo que respiramos. — Corpúsculos en suspensión en el aire.

hasta donde sería necesario llevar la aproximación de las análisis para llegar al límite en que estas variaciones del oxígeno pudieran manifestarse de un modo sensible. La Atmósfera está siempre agitada; las corrientes producidas

por el calor, por los vientos, por los fenómenos eléctricos mezclan y confunden las diferentes capas; por consiguiente seria necesario que estuviese alterada la masa total, para que la análisis pudiera indicar diferencias entre unas épocas y otras. Pero esta masa es enorme; si pudiéramos poner la Atmósfera entera en un globo, y colgar este del platillo de una balanza, harian falta para hacer equilibrio en el platillo opuesto 581 000 cubos de cobre de un kilómetro de lado.

»Supongamos ahora que cada hombre consuma 1 kilogramo de oxígeno al dia, que haya mil millones de hombres en la Tierra y que por efecto de la respiracion de los animales y de la putrefaccion de las materias orgánicas, este consumo que se supone hacen los hombres, sea cuatro veces mayor. Supongamos además que el oxígeno desprendido por las plantas venga á compensar solamente el efecto de otras causas de absorcion que no se hayan apreciado, y seguramente no se podrá decir que se aminoran las probabilidades de alteracion en el aire. Pues bien, aun en esta hipótesis exagerada, al cabo de un siglo, todo el género humano y tres veces mas, no habrian consumido mas que un peso de oxígeno igual al de 15 ó 16 cubos de cobre de 1 kilómetro de lado, mientras que el aire contiene cerca de 134 000.

»Pretender, pues, que empleando todos sus esfuerzos los animales que pueblan la superficie de la Tierra podrian en un siglo impurificar el aire que respiran hasta el punto de quitarle la ocho-milava parte del oxígeno que la naturaleza ha puesto en él, es hacer una suposicion, infinitamente superior á lo que puede suceder en realidad.»

Tal es la Atmósfera terrestre, fábrica y sustancia de la vida en la superficie de nuestro planeta. Una combinacion química cualquiera verificada en su seno, podria ponerla en conflagracion y aniquilar la vida, como se puede comprender facilmente, suponiendo por ejemplo, el encuentro con la cola de un cometa formado de gas hidrógeno, ó cualquier emanacion salida de las entrañas del globo. Hace seis años hemos asistido á una especie de fin de mundo por este estilo, al incendio de un mundo de la constelacion

de la Corona boreal, causado por una combustion de hidrógeno segun ha demostrado el análisis espectral. Hoy este mundo inflamado y abrasado, rueda silencioso por los desiertos del vacío. Un espectáculo semejante podemos dar nosotros cualquier dia á los habitantes de los demás planetas. Pero este acontecimiento no tendria la importancia que nosotros nos podemos figurar: la destruccion completa de la vida terrestre pasaria desapercibida para el conjunto de los mundos. Una modificacion sencilla en la composicion de nuestra Atmósfera, podria causar hoy la muerte universal, y tal vez preparar condiciones nuevas para generaciones desconocidas. Es probable, en efecto, que aun cuando el oxígeno sea en la Tierra el principio de la vida, los millones de mundos del infinito no estén organizados de una manera idéntica y que haya modos de ser diferentes que vivan en atmósferas completamente distintas de la nuestra. Tal vez dentro de cien siglos los hombres de la Tierra serán enteramente distintos de lo que hoy somos, y habrán conquistado las regiones aéreas que serán para ellos habitables y hospitalarias.

CAPITULO VI.

INFLUENCIA DEL AIRE EN LA VIDA TERRESTRE.

Respiracion y alimentacion de las plantas, de los animales y del hombre.

Ya que conocemos el volúmen, el peso y la naturaleza de la Atmósfera terrestre, conviene que echemos una ojeada rápida sobre la accion permanente de este fluido vivífico en la superficie de nuestro planeta, y que nos demos una razon tan exacta como sea posible, de las funciones que verifica sobre los cuerpos vivientes.

El organismo de la Tierra se ha construido por el aire y para el aire. El aire es el que ha representado el primer papel en la formacion de los séres. Desde el mas humilde hasta el mas fuerte, todos respiran, todos renuevan sus tejidos por la respiracion y por la alimentacion que no es realmente mas que una respiracion especial. El aire baña, llena, compone todas las cosas. La yerba de los campos, el árbol de los bosques, el fruto del peral ó del naranjo, el melocoton y la almendra, el grano de trigo y el racimo de uvas, todos son frutos del aire. Los animales no son tampoco otra cosa que aire organizado; y el hombre es un *alma vestida de aire* mas ó menos condensado, mas ó menos agradablemente dispuesto por la fuerza vital, segun la forma del tipo humano terrestre.

El alma de la planta, el alma del animal, el alma del hombre, fabrican su organismo mundano en virtud del

medio ambiente. Allí hace brotar una hoja á la luz, para apoderarse y para fijar con avidez el ácido carbónico del aire: aquí abre y cierra alternativamente los pulmones destinados á extraer el oxígeno del mismo medio aéreo que nos empapa: allí dirige una raíz ansiosa hácia tal ó cual jugo terrestre que conviene á su especie; aquí nos dispone á alegir tal ó cual alimento y á desechar tal ó cual otro; en cada sér viviente mantiene de este modo sin olvido alguno el organismo que se ha formado.

Consideremos un instante este sostenimiento de la vida vegetal, animal y humana; y puesto que nuestra propia persona nos interesa ordinariamente mas que las otras producciones de la naturaleza, veamos lo primero, de qué vive el hombre.

La alimentacion, que al principio parece múltiple, se convierte en definitiva para todos en elementos análogos á los de la respiracion.

El indígena de la América del Sur cazando siempre á caballo en su corcel salvaje, consume diez ó doce libras de carne al dia. Un trozo de calabaza que le ofrecen en un ingenio es para él un verdadero regalo, y la palabra *pan* no se conoce en su vocabulario. Cansado de su trabajo cotidiano, el indiferente irlandés se regala con sus *potatoes* (patatas) y nunca deja de alegrar su frugal comida con algunas bromas. La carne es un alimento extraño para él, y dichoso el que puede cuatro veces al año procurarse un arenque para sazonar su habitual alimento. El cazador de las praderas, que derriba el bisonte con su tiro infalible, saborea deliciosamente la magra succulenta y entreverada que acaba de asar entre dos piedras abrasando; mientras tanto el chino lleva al mercado sus ratones cuidadosamente cebados y sus nidos de golondrinas, seguro de encontrar entre los glotonos de Pekin generosos compradores: y en su ahumada cabaña, casi sepultada bajo la nieve y el hielo, devora el groenlandés la grasa que acaba de cortar de los costillares de una ballena encallada entre los témpanos. Aquí el esclavo negro masca la caña de azúcar y come bananas; allá el negociante africano vacía su saco de dátiles, única comida que tiene á través del desierto; mas allá el

siamés se llena el estómago con una cantidad de arroz tan enorme que haría retroceder al europeo mas hambriento. En cualquier comarca de la tierra en que pidamos hospitalidad, nos ofrecen un alimento diferente, nos dan el pan de cada día bajo las mas variadas formas.

Sin embargo, pregunta Schleiden, ¿es el hombre un sér tan acomodaticio que puede construirse por medio de las sustancias heterogéneas la habitacion corporal de su alma? ¿ó es que todas estas diferentes especies de alimentos contienen solo un corto número de elementos similares que constituyen el alimento del hombre? Esta última hipótesis es la verdadera.

Todo cuanto nos rodea está formado de un corto número de elementos ó cuerpos simples descubiertos sucesivamente por la química. Hay sobre todo cuatro entre ellos, que entran en la composición de todo sér organizado que vive sobre la Tierra. El nitrógeno y el oxígeno son los elementos mas importantes del aire atmosférico; el oxígeno y el hidrógeno forman, por su combinacion, el agua; el carbono y el oxígeno producen el ácido carbónico, y por último, el nitrógeno y el hidrógeno se reunen para formar el amoniaco. Estos cuatro elementos, á saber, el carbono, el hidrógeno, el oxígeno y el nitrógeno, son los que combinados de diferentes modos, forman las diversas sustancias de que se componen las plantas y los animales.

Los cuatro cuerpos que acabamos de nombrar, reuniéndose en diferentes proporciones constituyen una infinidad de sustancias orgánicas que puedan clasificarse en dos series distintas. Una comprende los cuerpos compuestos de los cuatro elementos reunidos, como por ejemplo, la albumina, la fibrina, la caseina y la gelatina. El cuerpo animal entero está formado de estas materias, y cuando se separan de él, ó cuando la vida las abandona se descomponen en muy poco tiempo y producen agua, amoniaco y ácido carbónico, que se esparcen por el aire. La segunda série contiene, por el contrario, sustancias en las cuales no hay nitrógeno, á saber: la goma, el azúcar, el almidon; los líquidos que se sacan de estos como el alcohol, el vino, la manteca y los cuerpos grasos. Estos pasan por el cuerpo

animal, puesto que su hidrógeno y su carbono se combinan en él con el oxígeno aspirado durante la respiración, y se exhalan despues bajo la forma de ácido carbónico y de agua.

Los mismos átomos de los cuerpos simples pasan en diversas proporciones y en diferentes combinaciones ó mezclas á través de los organismos animales y vegetales, viniendo del aire y volviendo á él. La vida se alimenta de la muerte, y las descomposiciones sirven de nuevos manjares en la mesa siempre servida del sostenimiento de la vida terrestre. Los naturalistas dicen, con razon, que el hombre vive en definitiva del aire, por el intermedio de las plantas. La planta absorbe de la Atmósfera las sustancias de que forma su alimento. Comamos vegetales ó animales, ó aunque solo respiremos, no hacemos otra cosa que reemplazar las moléculas de nuestro cuerpo por otras moléculas nuevas que han pertenecido á otros cuerpos, y en definitiva absorber lo que ha sido desechado por otros, y desechar lo que otros absorberán despues.

El hombre adulto pesa por término medio 70 kilogramos, y despues de deducida la gran cantidad de agua que circula por todas las partes del cuerpo, quedan unos 18 kilogramos de los cuales 7 corresponden á los huesos y 11 á las demas partes. Los huesos contienen por término medio 66 por 100 y las demas partes 3 por 100 de sustancia terrosa que subsiste despues de su incineración. Esceptuando esta tierra, este fosfato de cal, todo lo que somos lo tomamos del aire directa ó indirectamente.

Las tres cuartas partes de nuestra nutrición las tomamos del aire, respirando; la última cuarta parte se la pedimos á alimentos al parecer mas sólidos; pero estos mismos alimentos están compuestos de los principios constitutivos del aire. Tal es el estado de nuestro planeta. Existen sin duda alguna mundos en que se vive mas agradablemente sin estar obligado á este grosero trabajo de comer y beber, y á sus desagradables consecuencias; en donde el aire, mas nutritivo que el de aquí, basta para la vida. Por el contrario, existen tambien mundos en los cuales son aun los seres mas desgraciados que en este; mundos donde no

existe esta atmósfera que nos procura sin esfuerzo las tres cuartas partes de nuestra nutrición, y en los cuales hay necesidad de ganar por medio del trabajo almuerzos de oxígeno ó de otro gas cualquiera.

En resúmen, el aire diáfano se compone de los mismos principios que se encuentran en mayor abundancia en la costra opaca y sólida de nuestro globo. Los cuatro elementos principales de todo organismo vegetal ó animal, el oxígeno, el nitrógeno, el hidrógeno y el carbono; se encuentran también, los dos primeros como elementos constitutivos del aire; el tercero combinado con el oxígeno en forma de vapor de agua, y el cuarto, en fin mezclado en el hálito espirado por los animales y en algun otro gas que procede de la descomposicion de las plantas.

Reconocido de este modo en los principios de la alimentacion el predominio del oxígeno, del agua y del nitrógeno, en diversas combinaciones, nos será incomparablemente mas fácil demostrar ahora en la respiracion el trabajo constante y único de la Atmósfera.

Examinemos, pues, este gran papel del aire en la vida.

El sistema sanguíneo que se desarrolla en todo nuestro cuerpo se divide principalmente en dos clases de conductos: las *arterias* por las cuales corre la sangre desde el corazon á todos los órganos, y las *venas* por las cuales vuelve al corazon. Se llama *circulacion* esta marcha de la sangre, recorriendo el cuerpo entero y volviendo despues al corazon, su punto de partida.

El *corazon* es un órgano hueco y muscular, de forma cónica y de la magnitud del puño en un adulto. Está dividido por un tabique, muscular también, en dos porciones, próximamente iguales, unidas una á otra, y divididas cada una de ellas en sentido de su altura en otras dos cavidades que se designan con los nombres de *aurícula* la superior y *ventrículo* la inferior. Las aurículas se llaman así á causa de un apéndice chato que cae sobre su cara esterna. La aurícula derecha C (fig. 8) comunica con el ventrículo derecho A; la aurícula izquierda D con el ventrículo izquierdo B. No hay comunicacion entre los dos ventrículos.

El corazon, agente principal de la circulacion verifica

movimientos que no dependen de la voluntad, pero que sin embargo, (segun cada uno ha experimentado mas de una vez) sufren la influencia continua de las impresiones morales y de las sensaciones. Estos movimientos consisten en la contraccion y la expansion alternativas de las paredes de este órgano. Los ventrículos se contraen simultánea-

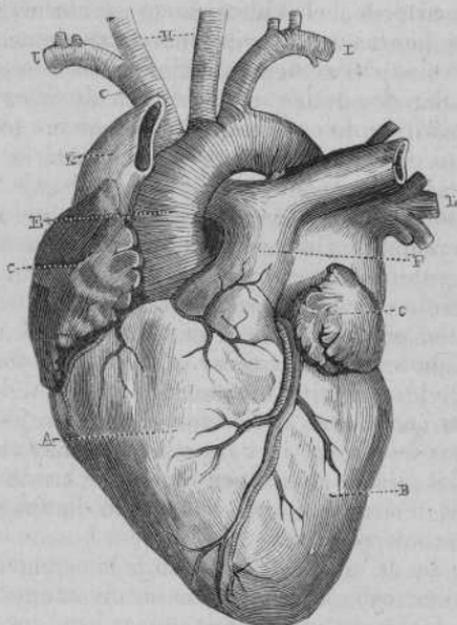


Fig. 8.—Corazon humano.

mente y luego á su contraccion sigue un período de expansion durante el cual se contraen á su vez las aurículas, que se dilatan mientras dura la nueva contraccion de los ventrículos. Cuando se dilatan las cavidades del corazon la sangre afluye á ellas; cuando por el contrario se contraen,

se ve obligada á salir; la contraccion de las aurículas la hace pasar á los ventrículos; la de los ventrículos la inyecta en las arterias.

Esta alternativa constituye el ritmo de corazon y los latidos regulares y acompasados que se sienten y se oyen á través de las paredes del pecho. Veamos ahora como se verifica la circulacion arterial.

La contraccion del ventrículo izquierdo (B) inyecta la sangre en la arteria aorta (E) y desde esta en todas las demas arterias, por las cuales corre por la triple accion de la contraccion ventricular, de la elasticidad y de la contractilidad de las paredes de las arterias. En los vasos de cierto calibre su movimiento es acompasado como en el corazon: si se apoya el dedo en el trayecto de una arteria, se siente el choque de la sangre, el pulso.

A medida que avanza por las ramificaciones arteriales, corre continuamente y sin sacudidas, trasmite á los tejidos los principios de que se compone y los entrega á la asimilacion, tomando en cambio las moléculas desasimiladas que deben salir del organismo ó ser sometidas á una nueva elaboracion. Fluido vital y nutritivo, lleva á los órganos la vida, el calor y los elementos alimenticios.

Al entrar en la aorta y durante su marcha por el sistema arterial es de un rojo brillante; al terminar su trayecto es de un color oscuro; la sangre roja se ha trasformado en sangre negra. Privada de una gran parte de sus principios constitutivos, va por el sistema venoso á buscar otros nuevos en el pecho de donde salió y donde los elementos de la nutricion reemplazan á los que hace un momento han sido asimilados. Reconstituida parcialmente de este modo, la sangre corre por la vena cava (K), y entra en la aurícula derecha (C), que contrayéndose la arroja en el ventrículo derecho (A).

Hé aquí la sangre vuelta de nuevo al corazon; no obstante hallarse enriquecida por los productos asimilables de la digestion, está incompleta y para convertirse otra vez en sangre perfecta debe sufrir una trasformacion, al mismo tiempo que la combustion de parte de sus principios produce el calor que debe llevar inmediatamente despues á

todas las partes del organismo. Esta trasformacion se verifica en los pulmones.

El ventrículo derecho se contrae, y el borboton de sangre venosa pasa á la arteria pulmonar (F).

En los vasos capilares de los pulmones el aire obra sobre la sangre venosa cargada de ácido carbónico y la transforma en sangre arterial. Los glóbulos oscuros de la sangre venosa toman, en contacto con el oxígeno un color rojo brillante. Se calientan, con el calor desprendido en la combustion del carbono, y despues de revivificada la sangre de esta manera penetra en la aurícula izquierda, que la hace pasar inmediatamente al ventrículo donde termina su trayecto circular, para comenzarle de nuevo (1).

La circulacion, dice el doctor Le Pileur, puede, pues, dividirse en dos periodos simultáneos; el círculo ficticio que recorre la sangre se compone de dos segmentos desiguales que describe la columna líquida: el segmento superior es la circulacion pulmonar ó pequeña circulacion; el segmento inferior es la circulacion general ó gran circulacion. La sangre venosa negra (*v*) se hace roja en la circulacion pulmonar, y cuando vuelve á empezar su curso en *a* es ya sangre arterial.

Segun indica su nombre, los pulmones (*pneumon* de *πνίο* yo respiro) son el órgano esencial de la respiracion. Son dos; pero reciben el aire de un mismo canal y la sangre de un solo vaso, y deben, por lo tanto, ser consideradas como la expansion terminal de las ramificaciones de la

(1) Durante mucho tiempo se ha creido que el carbono de la sangre se convertia en los mismos pulmones en ácido carbónico, que se exhalaba en la expiration: los estudios modernos demuestran que no es así: el oxígeno del aire al ponerse en contacto con la sangre en los vasos capilares del pulmon desaloja parte del ácido carbónico que ya venia formado en esta y que es el que se expira: la formacion de nueva cantidad de ácido carbónico se verifica durante toda la circulacion y la mayor cantidad de este es uno de los caracteres de la sangre venosa.

Puede decirse que como término medio la sangre venosa tiene 74.6 de ácido carbónico por cada 100 de gases disueltos en ella; mientras que en la sangre arterial no hay mas que 62.3 del citado gas en las mismas 100 partes.

traquea-arteria (A) ó si se quiere como dos cabezas de un mismo tronco. Colocados en el pecho, cuya mayor parte ocupan y que es como su caja, representan dos conos irregulares que descansan por sus bases sobre el diafragma.

Los pulmones reciben el aire por la laringe, la traquea-arteria y los bronquios. La laringe, órgano de la voz, desemboca por su orificio inferior en la traquea-arteria; esta se divide en dos conductos que se llaman *bronquios*, y que al llegar á la raiz de los pulmones, se dividen en numerosísimas ramificaciones. Continúan subdividiéndose y acaban en las células pulmonares, cuya aglomeracion en racimos constituye los lóbulos del pulmon.

La respiracion es una funcion caracterizada por la introduccion del oxígeno del aire en la sangre, y la espulsion en forma gaseosa de parte de los materiales inútiles ó nocivos al organismo. Se divide en dos tiempos: la *inspiracion*, durante la cual el aire penetra en las células pulmonares, y la *expiracion* que arroja de los pulmones este aire modificado. Se pueden comparar los pulmones á una tela muy fina, cuyo desarrollo fuera 120 veces mayor que la superficie total del cuerpo, repetidamente plegada sobre sí misma y perforada con 40 ó 50 millones de agujeritos. Estos poros son bastante pequeños para no permitir que se filtre la sangre, y bastante grandes para que pueda penetrar el aire. Cuando el oxígeno de este los atraviesa para combinarse con la sangre, la regenera con su contacto y deja las moléculas inútiles mezclarse al aire que las arrastra consigo en la expiracion. Se verifica, como se ve, un cambio de gases entre el aire y la sangre, en el cual el primero abandona su oxígeno á la segunda, recibiendo en cambio otros fluidos gaseosos, entre los cuales domina el ácido carbónico. Este último gas, en exceso en la sangre venosa, se escapa al exterior, mientras el oxígeno del aire revivifica la sangre que las venas habian vuelto á conducir al corazon.

De este modo, por una parte el oxígeno quema carbono en los pulmones, y por otra exhalan estos ácido carbónico, nitrógeno y vapor de agua; el oxígeno que se combina con la sangre durante la respiracion, se separa poco á poco en

los vasos capilares de todo el cuerpo, y da origen á numerosos productos, entre otros á ácido carbónico. Al salir del corazón y en las arterias, la sangre contiene 24 centímetros cúbicos por 1 000 de oxígeno; en las venas no contiene mas que 11. En cuanto al nitrógeno y al vapor de agua, el uno se separa, el otro se produce durante el mismo trabajo de la nutrición, y ambos los toma el organismo de los principios que introducen en él la digestión y la respiración.

No es únicamente por los pulmones por donde el hombre respira, sino también por la piel, que está completamente llena de millones de agujeritos, por los cuales se efectúan constantemente la espiración y la inspiración; y la respiración cutánea no es ciertamente menos importante que la pulmonar (1).

Lavoisier, que, como hemos visto, fue el primero que analizó el aire, fue también el primero que demostró la absorción del oxígeno en la respiración, haciendo ver por medio de algunos experimentos la analogía que existe entre las funciones respiratorias y la combustión. «La respiración, dice, no es mas que una combustión lenta de carbono y de oxígeno, semejante á la que tiene lugar en una lámpara. En la respiración como en la combustión, el aire es el que suministra el oxígeno... Pero como en la respiración es la misma sustancia del animal la que proporciona el combustible, si los animales no repusieran por medio de los alimentos lo que pierden por la respiración, pronto faltaría el aceite en la lámpara, y el animal perecería, del mismo modo que la lámpara se apaga cuando le falta el alimento.» La mayor parte de los fisiólogos han admitido la teoría de Lavoisier, y consideran la respiración como

(1) En los animales de sangre caliente la respiración cutánea no tiene importancia alguna: encerrando en un saco impermeable al aire, el cuerpo de un animal cuya cabeza salga al exterior, se ve que al cabo de muchos días el aire del saco no ha modificado sensiblemente su composición.

En los animales de sangre fría la respiración cutánea es por el contrario mucho mas activa que la pulmonar, hasta tal extremo que una rana puede vivir muchos días después de haberla quitado los pulmones.

(N. del T.)

una combustion lenta de los materiales de la sangre por el oxígeno del aire ambiente, y como el origen del calor animal (1).

Una vela por una parte, y un animalillo por otra, colocados cada uno bajo una campana, efectúan la misma operacion; uno y otro gastan oxígeno para producir ácido carbónico; y de este modo uno y otro se apagan, uno y otro mueren cuando no hay bastante oxígeno para mantenerlos.

Se comprende, segun lo dicho, que el aire exhalado no tiene el mismo volúmen, ni las mismas proporciones de elementos constitutivos que el que se inspira. En efecto, el hombre adulto absorbe por la respiracion de 20 á 25 litros, es decir, 29 á 36 gramos de oxígeno por hora, ó 500 litros por dia. Evaluando en 1 000 millones la poblacion humana del globo, resulta que la humanidad toma cada dia de la atmósfera 500 000 millones de litros, ó 500 millones de metros cúbicos de oxígeno!

El hombre exhala por hora 20 litros, ó 41 gramos de ácido carbónico, ó sean 480 litros, ó cerca de 1 kilogramo por dia. En un dia, pues, la raza humana da á la atmósfera 480 millones de metros cúbicos, ó mil millones de kilogramos de ácido carbónico!

La sola ciudad de París envia al aire 4 500 000 metros cúbicos de ácido carbónico diarios, 1 millon de los cuales se debe á la poblacion y á los animales, y los 3 500 000 restantes á las diversas combustiones.

La expiration humana introduce tambien en el aire 630 gramos próximamente de agua, en forma de vapor, con una pequeña cantidad de nitrógeno (1 centésimo del oxígeno absorbido); lo cual equivale á mas de 15 kilogramos

(1) Segun los experimentos de Regnault y Reiset el calor animal no tiene este solo origen, y ha sido una coincidencia fortuita el que Lavoisier, Dulong y Despretz hayan obtenido que las cantidades de calor desprendidas por los animales son las correspondientes á la combustion del carbono y el nitrógeno contenido en el ácido carbónico y el agua que espiran.

al día. Es decir que se escapan de los labios de la humanidad mas de 15 mil millones de kilogramos de agua.

Por último, como cada individuo introduce poco mas ó menos 10 metros cúbicos de aire por día, en sus pulmones hay 10000 millones de metros cúbicos de aire, que atraviesan diariamente los insaciables pulmones de los hijos de Adán y de las hijas de Eva.

A consecuencia de esto, se observan los mas graves accidentes en los individuos que se encuentran en un espacio cerrado, cuyo aire no puede renovarse. Durante la guerra de los ingleses en la India en el siglo último, 146 prisioneros fueron encerrados en una habitacion que apenas tenia espacio para contenerlos, y en la cual solo penetraba el aire por dos ventanas estrechas; al cabo de ocho horas solo quedaban vivos 23 de ellos, y estos en un estado deplorable. Percy cuenta que despues de la batalla de Austerlitz, se encerró en una caverna á 300 prisioneros rusos, y que 260 de aquellos desgraciados sucumbieron en pocas horas por efecto de la asfixia.

Las atmósferas que se hacen irrespirables por la combustion del carbon, deben sus propiedades deletéreas, no al ácido carbónico, sino á una corta cantidad de óxido de carbono que contienen. Este gas es el que produce verdaderamente la asfixia cuando se quema el carbon sin aparatos á propósito para estraer los gases quemados. La influencia venenosa del óxido de carbono se demuestra por la muerte casi inmediata de los animales de sangre caliente que se introducen en una atmósfera, con la cual se ha mezclado 1 por 100 de óxido de carbono puro.

Analizando en varios recintos habitados el aire viciado por la respiracion, se han obtenido resultados interesantes, entre los cuales merecen citarse los siguientes:

Acido carbónico en peso.

Aire de una habitacion del cuartel de la Escuela militar de Paris, sometida á estos esperimetros (pasaban la noche en ella 41 soldados).	
Puertas y ventanas cerradas y calafateadas.	19 milésimas.
Idem.—Puertas y ventanas sin calafatear.	11 milésimas.
Anfiteatro de química sin ventilar despues de la	

permanencia de 900 personas durante cerca de hora y media.	10 milésimas.
Salas de hospital sin ventilar y llenas de enfermos (al final de la noche).	8 milésimas.
Sala de escuela de primeras letras mal ventilada.	47 diezmilésimas.
Platea de un teatro al concluir la representación.	43 diezmilésimas.
Aire tomado en la chimenea de ventilacion del Congreso de diputados de Paris (1842) al concluir una sesion.	25 diezmilésimas.
Alcoba ventilada (al concluir la noche).	3 diezmilésimas (1).

La combustion del carbon ó de las materias combustibles destinadas al alumbrado, es tambien una causa de alteracion del aire. Una bujía de estearina que gaste 10 gramos de esta por hora, consume cerca de 20 litros de oxígeno, y produce 15 litros de ácido carbónico. Un mechero de gas del alumbrado que gasta por hora 140 litros de gas (mecheros de los faroles del alumbrado público en París), consume cerca de 230 litros de oxígeno, y produce unos 112 de ácido carbónico. Una lámpara de cuerda, que gasta por hora 42 gramos de aceite de colza (*brassica campestris*) purificado, consume algo mas de 80 litros de oxígeno, y produce cerca de 60 de ácido carbónico.

(1) Para que estos datos presentados por el autor pudieran ser comparables y servir de tipo para calcular la alteracion que el aire pudiera tener en otras habitaciones en circunstancias análogas, era indispensable que hubiera indicado su capacidad. De otro modo quedan incompletos, pues á medida que la capacidad aumenta ó disminuye continuando las mismas las demás condiciones, habrá menor ó mayor cantidad de ácido carbónico. Solo unos cuantos decímetros de elevacion en el techo de habitaciones de alguna superficie, representan un volumen de aire que puede servir para la respiracion de un individuo durante muchas horas sin necesidad de que se renueve, y para la disolucion del ácido carbónico expirado sin que llegue á constituirse un aire irrespirable. No son tampoco exactos los cálculos anteriores, ni están acordes los números que de ellos resultan: si un hombre absorbiera solo 20 á 25 litros de oxígeno por hora, absorbería próximamente 100 á 125 de aire; es decir, 2 400 á 3 000 en 24 horas, lo cual no da la cantidad de 10 metros cúbicos que el autor supone despues, que absorbe al dia cada individuo de la especie humana. Segun la generalidad de los fisiólogos, el hombre absorbe 700 á 800 litros de aire por hora, ó sean unos 19 metros cúbicos al dia.

(N. del T.)

Tal es la función química del aire en la vida. Ocupémosnos un instante de su función mecánica.

En las personas adultas, el corazón da generalmente 60 latidos por minuto; la respiración se verifica diez y ocho veces en el mismo tiempo: en los niños son más frecuentes ambas funciones. Una y otra se hacen más rápidas aun bajo la influencia de cualquier causa de excitación física ó moral, y más lentas cuando se tiene fija la atención en un trabajo difícil.

Todo el mundo respira, y sin embargo no todo el mundo sabe respirar *bien*. Esta función es la más importante de la vida y la que se efectúa constantemente, mientras se trabaja, mientras se anda, mientras se duerme.

Cuando se reflexiona acerca de ello, maravilla el ver cómo puede combinarse sin saberlo el hacer un largo discurso respirando al mismo tiempo. Una inspiración fácil y sin esfuerzo permite prolongar mucho tiempo sin cansarse los ejercicios del canto y de la gimnasia. Las personas que respiran principalmente por medio de la elevación de las costillas superiores, se fatigan y jadean, por el contrario, rápidamente. Esto es lo que sucede á las mujeres cuando se oprimen la base del pecho con el corsé.

La capacidad de los pulmones se calcula en 3 litros y 70 centilitros de aire en el hombre de 35 á 40 años; antes de esta edad es menor, y hácia los 60 se hace de algo menos de 3 litros. Las mujeres la tienen más pequeña, y varía también según los individuos.

La presión atmosférica influye también en la frecuencia de los latidos del corazón, pero solo en ciertas condiciones. Si se asciende rápidamente á una altura considerable, se observa en el pulso una frecuencia muy sensible. Este hecho se demuestra en las ascensiones aerostáticas y en los viajes á las montañas. Por el contrario, un aumento de presión disminuye la frecuencia del pulso, que se ha visto descender á 50 y hasta á 45 pulsaciones, en individuos colocados en un aparato de aire comprimido y bajo la presión de dos y más atmósferas.

Las funciones más importantes de la naturaleza pasan desapercibidas para nosotros cuando son permanentes, y

esto es lo que sucede con la respiracion. Desde el primer minuto que siguió á nuestro nacimiento estamos respirando sin cesar, dia y noche, cuando trabajamos y cuando descansamos, cuando gozamos y cuando sentimos, y no nos apercibimos siquiera de ello, á pesar de que este grande acto de la vida debia absorber toda nuestra atencion.

No es seguramente en medio de la agitacion del dia cuando podemos dedicar un instante á observar la continúa é incansable produccion de este fenómeno, sino mas bien por la tarde, cuando estamos tendidos en un divan, y mejor aun en los momentos que preceden al sueño, cuando bajo las silenciosas sombras de la noche dejamos adormecerse lentamente nuestros pensamientos y nuestros miembros. Entonces el ligero movimiento de nuestros pulmones que se dilatan y se contraen cadenciosamente, puede llamar nuestra atencion solitaria sobre esta fuerza involuntaria y fatal que preside á nuestra vida. Podemos pensar que durante el sueño, este movimiento isócrono continuará en nuestro pecho, y que al par que una muerte aparente envuelve nuestros sentidos, y nuestra imaginacion vuela por el mundo fantástico de los ensueños, nuestro pecho, sin cesar y sin olvidarlo un solo instante, atraerá el aire exterior y abrirá de tiempo en tiempo la salida para el ácido carbónico que nos asfixiaría. Tal vez pudiéramos pensar tambien en lo desagradable que nos seria la obturacion de nuestros conductos respiratorios si durante el mismo sueño, un malhadado objeto, viniera del exterior ó del interior á cerrar nuestra garganta y á interceptar la comunicacion permanente que debe siempre existir entre los pulmones y el aire que rodea nuestro rostro; pero como esta idea seria poco á propósito para conciliar el sueño, tenemos buen cuidado de desecharla.

En estos momentos de calma y de reposo en que podemos *sentir que vivimos* por la respiracion, estamos en las mejores condiciones para comprender, no solo la necesidad de la funcion, sino tambien nuestra situacion verdadera *en el fondo del océano aéreo*. Observémonos en efecto. De pie ó echados en la superficie del suelo, estamos relativamente al océano aéreo colocado sobre nuestras cabezas, en

la misma situacion que los corales, los crustáceos y los zoófitos que habitan el fondo de los mares! El mar aéreo se despliega sobre nuestras cabezas, teniendo en lugar de peces sus pájaros, sus insectos y sus animáculos invisibles. Nosotros estamos adheridos al fondo como pesados crustáceos, como groseros peces, abriendo nuestras branquias de segundo en segundo. Hé aquí nuestra situacion verdadera, en la cual no pensamos: no estamos en la superficie, en la parte exterior del mundo terrestre, sino que respiramos grosera y fatalmente en el fondo del océano aéreo.

¿Quién sabe si existirán en las regiones superiores del aire, otros séres invisibles á nuestros ojos por nuestra permanencia sub-aérea, otros séres superiores que tal vez sean las verdaderas inteligencias soberanas, los verdaderos huéspedes gloriosos de esta creacion sub-lunar?

¿Ejercen influencia sobre el cuerpo humano las diferencias en los grados de la presion atmosférica, ó en otros términos, las oscilaciones diarias y las variaciones accidentales del barómetro? ¿En qué circunstancias y por qué síntomas se manifiesta esta accion? Es indudable que las funciones se ejecutan con mas energía cuando el barómetro sube y la presion que nos rodea es mayor; y se comprende con facilidad que aumentando la presion exterior, la elasticidad de las paredes membranosas se favorece. Si por el contrario, sucede que el barómetro baja una cantidad algo considerable, experimentamos un sentimiento de molestia y de cansancio, una especie de pereza; nuestros líquidos, que tienen algunos gases en disolucion, tienen propension á evaporarse por el calor mismo del cuerpo. La paralización relativa de las funciones, que es consecuencia de este trastorno, nos hace mas penosos todos los movimientos; y refiriendo entonces al aire que nos rodea la sensacion que experimentan nuestros órganos, acostumbramos á quejarnos de que *la atmósfera está pesada*, precisamente porque está demasiado ligera.

Hemos dicho que el peso total que gravita sobre un hombre de estatura regular es de 15 500 kilógramos; la diferencia de presion durante las variaciones atmosféricas mas exageradas llega de 1 000 á 1 200 kilog., es decir á

cerca de un dozavo. La temperatura, la electricidad del aire, su grado de humedad ó de sequedad, unen tambien sus efectos á los de la presion atmosférica.

Todos hemos sentido la laxitud que producen en nuestro organismo las depresiones á veces considerables del barómetro (1). Una diferencia mas marcada seria capaz de destruir las constituciones delicadas ó débiles, y no debe considerarse como un objeto baladí de nuestras reflexiones, el considerar que un estado especial de la Atmósfera podria hacer que durmiese el último sueño, la humanidad entera.

Los fisiólogos han citado muchos ejemplos notables de la influencia producida por una sencilla disminucion de la presion atmosférica. Segun Mead, en el mes de febrero de 1687 el barómetro bajó á una altura que no se habia observado nunca; el profesor Cockburn murió súbitamente de una hemoptísis; en el mismo dia muchas personas conocidas sintieron epistaxis y hemorragias peligrosas que nada habia anunciado antes, y que fueron precedidas de una sensacion de laxitud y de debilidad. El 2 de setiembre de 1658, hubo una tempestad violenta, que segun Mead fué una de las causas de la muerte de Oliverio Cromwell.

Hay algunas personas que son verdaderos barómetros. Aquellas cuyos nervios son débiles ó que tienen una sensibilidad morbosa, las que han sufrido una amputacion, sienten los movimientos barométricos con tanta exactitud

(1) En el momento en que preparo esta segunda edicion (enero de 1872) tengo precisamente una demostracion particular de lo que acabo de decir. Todo el mundo, hace unos dias estaba de mal humor, postrado y oprimido. La observacion era tan general que muchas personas me la hicieron quejándose de las estaciones. Yo respondi que este desagradable estado de la salud publica era cuestion del barómetro. En efecto el barómetro habia descendido hasta un límite sumamente notable, como puede comprenderse observando las cifras publicadas en el Boletín del Observatorio meteorológico de Montsouris:

13 de enero (por la mañana)	763	24 (á la 1 de la mañana)	725
15	757	25	736
17	752	26	742
21	749	27	749
22	745	28	757
23	736	29	760

como la misma columna movable de azogue. Todo el mundo está en el caso de hacer estas observaciones.

Si exento de prevencion y sin ideas preconcebidas pudiera el hombre observar todo lo que siente en un tiempo dado, estaria muy pronto en estado de reconocer que cuando el barómetro tiene determinada altura es cuando sus funciones se ejercen con mas energía y su imaginacion está mas libre, mejor dispuesta, mas viva; cuando el estudio se le hace mas fácil y su vida es mas vigorosa. En las zonas templadas, en París particularmente, una altura media es la mas favorable para la salud de la mayoría de las gentes que están en el pleno ejercicio de sus facultades, y para las manifestaciones mas enérgicas de su vida moral. Generalmente, la altura en que se verifica con mayor perfeccion el juego de las funciones vitales, es la de 764 milímetros.

Cuando el barómetro está mas alto que este punto favorable, se experimenta un gran bienestar cuando la oscilacion diurna llega á su mínimo. Cuando, por el contrario, el barómetro está bajo, la tendencia á la mejoría y al bienestar se manifiesta á las horas en que la oscilacion llega al máximo. Lo mismo sucede con las variaciones accidentales.

Estas reglas y estas indicaciones, podemos decir con el doctor Foissac que no son aplicables á todos; y del mismo modo que la sequedad ó la humedad, el frio ó el calor son favorables á unos y nocivos á otros, las diferencias de la presion atmosférica producen efectos distintos segun el estado de salud, los temperamentos y las costumbres. Hay además algunas constituciones que no están sujetas á estas influencias delicadas: aquellas personas, por ejemplo que sienten y piensan del mismo modo que digieren; que no abandonan sus hábitos ni por las tempestades físicas ni por los accidentes morales, y cuya vida, encerrada en las realidades del positivismo, no conoce ni los extravíos de la imaginacion, ni los grados multiformes de la sensibilidad. Las reflexiones precedentes se aplican en particular á aquellas naturalezas desdichadas (privilegiadas?) para quienes la intensidad de la dicha y de la desgracia es doble por el modo que tienen de sentirlas; se aplican á aquellas sensitivas inteligentes para quienes una ténue espina, fisi-

ca ó moral es un dardo acerado; á aquellas personas, en fin, dedicadas al estudio y á la contemplacion, que se impresionan con el pasado, que se alarman por el porvenir, y que están mas ó menos próximas al *tedium vite*, que penetra en su corazon como el gusano en el cáliz de las flores, ó en el seno de los frutos que ha madurado el verano. De estas naturalezas era sin duda alguna, de las que decia el poeta de Tristram Shandy, sin pensar que en aquella reflexion moral formulaba una ley física: *La marea de nuestras pasiones sube y baja muchas veces al dia.*

Asi nos rige el cielo; asi el estado fisiológico de nuestro cuerpo y de nuestro espíritu puede casi siempre traducirse en cifras barométricas.

Acabamos de apreciar el papel que representa el aire en la vida humana y en la de los animales superiores.

No podemos menos de completar esta apreciacion por el estudio de su intervencion en los otros séres organizados: en los pájaros, en los insectos, en los peces y en la respiracion de las plantas. Asi demostraremos de una vez para siempre, la universalidad del imperio del aire en la organizacion de toda la vida terrestre.

En los pájaros la circulacion es doble. El corazon está formado de dos mitades distintas y su sangre es mas rica en glóbulos que la del hombre, porque está mas profusamente penetrada por el aire, no solo en los pulmones como en los mamíferos, sino en las últimas ramificaciones del árbol arterial, del tronco y de los miembros. Lo que distingue al pájaro no es solo el vuelo, es principalmente su modo de respirar. No tienen ese tabique móvil, llamado diafragma, que en los mamíferos detiene el aire en el pecho: el aire exterior penetra en todo su cuerpo por las vias respiratorias que se ramifican por todo el tejido celular y le llevan á las plumas, al interior de los huesos y hasta á los músculos. Su cuerpo dilatado por el aire que inspiran, se hace mas ligero y pierde gran parte de su peso.

A las alas, cuyos movimientos le sostienen en el aire, agrega el pájaro una respiracion doble que da á su cuerpo una ligereza específica suficiente y una circulacion activa-

da y calentada por la penetración del oxígeno. El calor vital está según sabemos, relacionado con la respiración y por eso los pájaros, gracias á su rico organismo, pueden vivir en las regiones más frías de la atmósfera.

Alegres y encantadores habitantes del aire, corazones palpitantes, canciones vivientes, parece que estos animalillos, tan poderosos á pesar de su aparente debilidad, se ciernen sobre nosotros en las alturas de la Atmósfera como un perpétuo reto dirigido á nuestra vanidad humana. ¿Puede contemplarse un grupo de pájaros que recorre cantando las estensas llanuras del aire, sin ver en él una promesa anticipada del porvenir que se presenta á los esfuerzos del hombre esperanzado con la conquista no quimérica de la Atmósfera?

Pero el hombre no tendrá nunca la respiración del pájaro y no podrá volar por su sola fuerza muscular.

Si consideramos ahora los insectos, que son también más aéreos que nosotros, observamos (y este hecho se conoce desde Malpighi en 1669) que su delicado aparato respiratorio está compuesto esencialmente de conductos membranosos, de una gran finura, cuyas ramificaciones en número incalculable, se esparcen por todas partes, y se introducen en la sustancia de los órganos, poco más ó menos como las raíces piliformes de una planta se introducen en el suelo. Estos vasos han recibido el nombre de *tráqueas*. Sus comunicaciones con el aire se establecen de distintas maneras según el medio en que viven los insectos.

La mayoría vive, según sabemos, columpiándose entre las olas aéreas. El aire ambiente penetra en sus tráqueas por un gran número de orificios situados á los lados del cuerpo, y que se llaman *estigmas*. Estos puntos en forma de ojales generalmente, se perciben cuando se miran algo de cerca en un gran número de especies.

El aparato respiratorio de los insectos se compone, unas veces tan solo de tubos elásticos, y otras de un conjunto de tubos y sacos membranosos. Las paredes de estos tubos son muy elásticas, y conservan siempre una forma casi cilíndrica aun cuando no haya nada que los dilate. Esta disposición se determina por la existencia en toda la extensión

de la tráquea, de un hilo de consistencia semi-córnea, arrollado en hélice y revestido exteriormente de una vaina membranosa muy delgada; en la oruga del *cossus ligniperda*, entre otras, ha contado el naturalista Lyonnet 236 tráqueas longitudinales y 1 336 transversales. De modo que el cuerpo de un sér tan modesto está surcado en todos sentidos por 1 572 tubos de conduccion de aire, visibles con una lente, ademas de los que no pueden percibirse!

El mecanismo de la respiracion en los insectos, es fácil de comprender. La cavidad abdominal, que alberga la mayor parte del aparato traquial, es susceptible de contraerse y dilatarse alternativamente. Cuando el cuerpo del insecto se contrae, las tráqueas se comprimen y se espelan el aire. Pero cuando la cavidad visceral donde se encuentran las tráqueas vuelve á tomar su volúmen primitivo ó se dilata mas aun, estos canales se ensanchan y el aire de que están llenos enrareciéndose á consecuencia del aumento de volúmen, no hace equilibrio al aire exterior con el cual comunica por medio de los estigmas. El aire exterior se precipita entonces en los tubos respiratorios y la inspiracion se verifica.

Los movimientos respiratorios pueden, además, acelerarse ó hacerse mas lentos, segun las necesidades del animal. En general se cuentan de 30 á 50 por minuto. En el estado de reposo los estigmas están abiertos y el aire llega libremente á todas las tráqueas, cada vez que la cavidad visceral se dilata. Pero estos orificios pueden cerrarse y los insectos poseen tambien la facultad de suspender cuando quieren la comunicacion entre su aparato respiratorio y el aire ambiente.

Algunos insectos viven en el agua, y se ven por consiguiente obligados á venir á la superficie del líquido para tomar el aire que necesitan ó á tomar del agua la corta cantidad que esta tiene en disolucion. Ambos modos de respiracion existen, bajo variadas formas, en los insectos acuáticos.

Acabamos de ver que el aparato de la respiracion tiene en los insectos un desarrollo considerable. Es fácil prever, por lo tanto, que esta funcion debe ejercerse con una gran

actividad en estos pequeños y ligeros séres. Si se compara en efecto, la cantidad ponderable de materia orgánica de que se compone su cuerpo, con la cantidad de oxígeno que consumen, se ve que esta última es enorme. Las mariposas por ejemplo, no obstante su reputacion, se abrasan en una llama eterna.

Llegamos ahora á los peces.

Basta mirar un pez en el agua por un momento, para observar dos grandes aberturas que tienen detrás de la cabeza: son las *agallas*: su borde anterior es movable y se levanta y se baja como la hoja de una puerta, para verificar la respiracion.

Bajo esta especie de cubierta están situadas las *branquias*, órganos de la respiracion de estos animales acuáticos.

Las branquias son laminillas estrechas, largas y aplastadas, dispuestas en series paralelas, á la manera de las puas de un peine, y que están sujetas á vástagos huesosos que se llaman *arcos branquiales*. Flotan así en el agua que debe servir para la respiracion del animal.

Hé aquí como se ejecuta la funcion respiratoria. El agua entra por la boca, pasa por un movimiento de deglucion á las hendiduras que dejan entre sí los arcos branquiales, llega á las branquias, cuya ancha y múltiple superficie baña, y sale al fin al exterior, por las agallas. Todo el mundo ha observado este doble movimiento.

Durante el contacto del agua y de las branquias la sangre que circula por el tejido de estos órganos, y que les dá el color rojo que todos hemos visto, se combina químicamente con el oxígeno del aire que el agua tiene siempre en disolucion, cuando corre libremente á la temperatura ordinaria en presencia de aquel fluido. La sangre se hace de este modo oxigenada, ó arterial. Todo el mundo sabe que los peces viven en el agua; pero no todo el mundo sabe que si se quitara el aire del agua, los peces morirían!

Véase pues, como lo mismo en los habitantes del agua, que en los del suelo y en los del aire, la Atmósfera rige siempre como soberana las funciones de la vida en la Tierra.

La misma conclusion resulta del estudio minucioso del reino vegetal. Las plantas *respiran*. Respiran como los animales, es decir que su sávia—que no es otra cosa que su sangre—se pone en contacto con el aire por medio de sus hojas y de sus partes verdes que representan sus órganos respiratorios. Bajo la influencia de los rayos solares estos órganos absorben el ácido carbónico esparcido en el aire, le descomponen, reducen el carbono que se fija en su tejido vegetal y devuelven el oxígeno á la Atmósfera.

Pero la respiracion de las plantas no es siempre la misma. Mientras que los animales, dia y noche, exhalan continuamente vapor de agua y ácido carbónico, las plantas tienen dos modos de respirar; uno diurno en el cual las hojas absorben el ácido carbónico del aire, descomponen este gas y desprenden oxígeno; otro nocturno é inverso en el cual las plantas absorben oxígeno y desprenden ácido carbónico, es decir respiran como los animales.

Conviene hacer observar que solo las partes verdes de los vegetales respiran del modo que acabamos de decir. Las partes que no tienen el color verde, como los frutos maduros, las semillas, las hojas encarnadas ó amarillas etc., respiran á la luz ó en la oscuridad del mismo modo que los animales; absorben oxígeno y desprenden ácido carbónico.

Considerando que las partes verdes de las plantas son muy numerosas respecto de las que tienen otro color; que las noches claras de los países calientes y luminosos no hacen mas que disminuir, en vez de interrumpir, su respiracion diurna, y que la estacion de los dias largos en los países del Norte es la de mayor actividad vegetal, se podrá deducir de todas estas consideraciones que las plantas viven mejor á la luz que en la oscuridad, y que por consiguiente su respiracion diurna prepondera sobre su respiracion nocturna.

Los órganos respiratorios de las plantas, que han recibido el nombre de *estomas* (de la palabra griega *στόμα*, boca) se componen de una multitud de celdillas para el aire, situadas bajo la epidermis de las hojas; las mayores tienen 33 milésimas de milímetro de diámetro. En una hoja de roble hay 250 por milímetro cuadrado. Cada una de estas

celdillas se pone en comunicacion con el aire exterior por medio de una pequeña abertura que queda entre dos células de una forma especial, cuya reunion constituye *dos labios*. Por estas bocas se pone el aire en relacion, á través de las paredes celulares, con los líquidos serosos, que (durante el día) exhalan un exceso de gas oxígeno y absorben en cambio cierta cantidad de ácido carbónico.

Las celdillas que limitan la abertura de los *estomas* son higroscópicas: bajo la influencia de la humedad ó de la sequedad pueden separarse ó aproximarse, y por consecuencia, ensanchar ó estrechar la abertura y favorecer ó dificultar por este medio la salida de los gases y los vapores.

Esta respiracion diurna de las plantas que devuelve al aire masas considerables de gas oxígeno, compensa afortunadamente los efectos de la respiracion animal que produce ácido carbónico, es decir un gas impropio para la vida del hombre. Las plantas purifican, pues, el aire alterado por la respiracion del hombre y de los animales. Si estos transforman en ácido carbónico el oxígeno del aire, aquellas toman este ácido carbónico en su respiracion diurna; fijan el carbono en la profundidad de sus tejidos y devuelven á la Atmósfera un oxígeno reparador.

De ningun modo podríamos terminar mejor este estudio del trabajo de aire en la organizacion de las plantas, que buscando la cifra de lo que representa el efectuado en la superficie entera de los continentes.

Una hectárea de bosque toma del aire y fija anualmente en sus tejidos 4 000 kilogramos de carbono.

Una hectárea de yerba fija 3 500; una hectárea de raíces tuberculosas (patata de caña) 6 000.

Ahora bien, una hectárea representa 100 millones de centímetros cuadrados y llegan del Sol á la superficie del suelo 115 000 unidades de calor en un año, es decir 115 000 veces el calor necesario para elevar la temperatura de un gramo de agua de 0° á 1° centígrados.

Un kilogramo de carbono produce (1) 8 000 unidades de

(1) Por su combustion ó sea combinándose con el oxígeno.

(N. del T.)

calor; suponiendo la fijacion de ácido carbónico como equivalente por término medio á 3 000 kilógramos de carbono por hectárea, resultarían 24 000 000 unidades de calor condensadas en cada hectárea por la fijacion del ácido carbónico en las plantas mientras respiran bajo la influencia de la luz; 24 mil millones en 1 000 hectáreas.

Como la Francia tiene 55 350 000 hectáreas de superficie, resulta que en cada año se fabrican por los vegetales 166 mil millones de kilógramos de carbon, lo cual representa una cantidad de calor capaz de elevar á 1° centígrados 1 328 000 000 de kilógramos de agua á 0°.

La Europa tiene una superficie de 1 000 millones de hectáreas y representa anualmente una fabricacion de tres millones de millones de kilógramos de carbono.

La superficie terrestre ocupada por el reino vegetal tiene 13 000 millones de hectáreas; en esta superficie total las plantas absorben en un año la inmensa cantidad de carbon representada por una cifra de 40 millones de millones de kilógramos de carbon puro.

Un hombre quema como mínimo, en una hora, un peso de carbon igual á 9 gramos; en un día el peso del carbono quemado es de 216 gramos; en un año cerca de 79 kilógramos. De manera que en un año un hombre de regulares proporciones quema un trozo de carbon cuyo peso es por lo menos igual al suyo. Si se trata de representar el volúmen de carbono consumido para convertirle en ácido carbónico durante la vida de un hombre, y se consideran todos los seres humanos, y todos los vegetales durante la noche, y por sus partes de color distinto del verde durante el día, y todos los hogares de combustion lenta y de combustion viva, se levanta ante la imaginacion aterradora una inmensa montaña de carbon.

Alimentándose de vegetales, el hombre y los animales comen carbon; se pueden comparar á otros tantos hornillos; su combustible es el alimento; el oxígeno que toman del aire, verifica en su interior la combustion que se llama respiracion.

De este modo las plantas alimentan á los animales y los animales alimentan á las plantas; todos los seres vi-

vientes están ligados por la mas estrecha solidaridad. «Examinando mas de cerca los fenómenos, dice el doctor Bocquillon, se hace evidente, que el reino orgánico está tan íntimamente unido con el reino inorgánico, que cada cosa en la naturaleza tiene su mision que cumplir, que si se suprimiese radicalmente á ser posible hacerlo el ser mas insignificante, el menor grano de polvo, resultaría un cataclismo universal.»

En resúmen, nuestra manera de vivir en la tierra está arreglada para funcionar bajo la presion atmosférica. Podríamos suponer que todos los seres terrestres se redujesen á su mas sencilla espresion, á sus pulmones, y todos estos pulmones dilatándose y contrayéndose de segundo en segundo, nos presentarían el cuadro de la vida terrestre. Somos todos *otros tantos fuelles* unos mas grandes, otros mas pequeños, pero que todos soplan bajo pena de muerte, aspirando el oxígeno, exhalando el ácido carbónico, llenándose y vaciándose sin cesar, recibiendo las moléculas que proceden de un ser próximo y enviando otras extraídas de nosotros mismos á otros seres animados, estableciendo entre todos ellos, animales y vegetales un cambio continuo de moléculas que mantienen la inmensa, profunda y absoluta fraternidad de todos los hijos de la naturaleza.

La presion atmosférica inaugura el acto primero del papel que venimos á representar sobre la Tierra, y cuyo término es para todos el último suspiro. El niño que acaba de nacer, abre su boquita para aspirar aquel aire que será su sosten en la vida; esta es su primera necesidad. Respirar es el primer punto; alimentarse es el segundo y tambien la presion atmosférica se encarga de este, porque aplicando sus labios al pecho que se le ofrece, va á inventar inmediatamente una máquina neumática, que le llenará la boca del dulce líquido destinado á la nutricion de sus primeros meses.

Los mismos alimentos que tomamos en nuestra vida entera están constituidos por los principios químicos del aire. No comemos ni bebemos mas que combinaciones de

aire, según decía al empezar este capítulo, y somos en realidad aire organizado. Respiración, nutrición, mantenimiento de los tejidos, funciones de los órganos, todo depende de la Atmósfera que impera como soberana sobre la vida entera.

CAPITULO VII.

EL SONIDO Y LA VOZ.

Entre los trabajos que la Atmósfera verifica en la vida terrestre, en medio de los felices resultados debidos á su existencia alrededor del globo, es sin duda uno de los mas importantes y mas fecundos el de ser vehículo del pensamiento humano, el de envolver al mundo en una esfera de armonía y de actividad que sin ella no podria existir.

Si despues de haber vivido en la Luna siquiera unos pocos años, subiéramos un dia del astro-Luna al astro-Tierra, y llegáramos á este último en medio de nuestras animadas campiñas y de nuestras populosas ciudades, nos apercibiríamos de repente de la inmensidad de trabajo desarrollado en la naturaleza por el sonido.

Las playas del mar oyen siempre el eterno suspiro de las olas, y la imponente voz del Océano muge sobre las escarpadas riberas de granito, sometiendo los arrecifes y las rocas á su eterno embate. A esta voz solemne de las líquidas llanuras responde el murmullo continuo de los vientos, desde las regiones equinociales donde resuena la rugiente cólera de las bestias feroces, hasta las heladas calmas de los círculos polares. En medio del bosque silencioso, el oido atento oye desvanecerse el silencio aparente y percibe el confuso murmullo de las mil voces de la naturaleza; los pájaros que se llaman, el arroyo que susurra, el viento que encorba las ramás, la sávia ardiente que se

eleva y hace saltar la epidermis de los árboles, la hoja que cae ó el insecto que zumba. La Atmósfera está cuajada de diversas voces; al suspiro fantástico de la cascada, sucede el estrépito de la avalancha; al suave piar del nido, el estridente fragor del trueno; á la paz serena y pura de las campiñas solitarias, el tumulto de las grandes ciudades, los gritos, ya tristes, ya alegres de la humanidad, el encanto de las conversaciones, las dulces confidencias de la tarde, y los voluptuosos arrullos de la música que nos envuelve en sus temblorosas alas.

El hombre, cuando la sociedad no ha embotado aun en él la frescura de las primeras impresiones, no vé jamás sin delicia las vivas tintas de la aurora y del crepúsculo, las graciosas degradaciones del arco iris, los magníficos colores de una aurora boreal. ¡Cuánto no llamaria nuestra atención, si la viéramos por primera vez, la reproduccion exacta de nuestra propia imágen, con los toques mas finos y mas delicados de nuestra fisonomía! Pues acaso es mas admirable aun el fenómeno de la palabra. ¡Qué maravilla! ¡Verla comunicarse con tanta fidelidad á los oidos de millares de espectadores, cuya imaginacion y cuyos corazones están suspensos de los elocuentes lábios de un orador! ¡Cómo comprender que algunos átomos de materia pueden dar cuerpo al pensamiento, traducir y comunicar hasta los mas delicados matices de las pasiones y de los sentimientos!

¿Qué es el *sonido*?

Es un movimiento producido en el aire y que este transmite por medio de ondulaciones sucesivas. Para que el oido pueda percibir las es necesario que este movimiento no sea demasiado lento, ni demasiado rápido. Cuando el aire agitado por el sonido vibra á razon de 60 ondulaciones por segundo, produce el sonido mas *grave* que podemos oír. Cuando estas vibraciones llegan á la cifra de 40 000, se produce el sonido mas *agudo* que nuestros oidos pueden escuchar.

Para apreciar la naturaleza del movimiento sonoro, supongamos que entre las cachas de un tornillo de mesa *A*, (fig. 9), se fija una de las estremidades *C* de una lengüeta elástica *CD*, que se coloca la estremidad superior *D* en *D'*

y que se abandona á sí misma. En virtud de su elasticidad, la lengüeta volverá á su posicion primitiva; pero á consecuencia de la velocidad adquirida, pasará de ella, llegará á D'' y efectuará á uno y otro lado de CD una série de oscilaciones cuya magnitud irá disminuyendo y que acabarán por desaparecer al cabo de un tiempo mas ó menos largo.

Cuando la lengüeta es bastante larga, las vibraciones se verifican con cierta lentitud y se pueden seguir con la vista; pero á medida que la lengüeta es mas corta, el movimiento vibratorio se hace cada vez mas rápido y llega un momento en que no es perceptible para la vista. Entonces termina la mision de los ojos y empieza por decirlo asi la del oido, que percibe un sonido perfectamente claro, cuya naturaleza depende de las condiciones fisicas del cuerpo sometido á la vibracion.

Otro ejemplo de la produccion del sonido se nos presenta en la vibracion de una cuerda sujeta por sus dos estremidades y herida en su mitad. Su estado vibratorio se hace sensible por la forma de huso alargado que nos ofrece. A causa de la persistencia de las impresiones en la retina y de la velocidad del movimiento, la cuerda aparece á nuestra vista en todas sus posiciones á la vez, porque la duracion de una vibracion es inferior á la de una impresion luminosa, que es de un décimo de segundo.

El sonido no es, por consiguiente, otra cosa que la impresion en el órgano del oido, ocasionada por el estado vibratorio de un cuerpo. Pero la existencia de un cuerpo vibrando por una parte y del oido por otra, no bastan para determinar la impresion; es necesario que se pongan en relacion el cuerpo y el órgano, y esto se verifica interponiendo un medio ponderable, líquido ó gaseoso constituido por una materia mas ó menos elástica. Si suponemos que un cuerpo vibra en un espacio absolutamente vacío ó en el seno de un medio completamente inelástico, el oido colocado á cierta distancia no percibe, no oye ningun sonido: este, en la verdadera acepcion de la palabra, no existe.

Se puede por lo tanto, en resúmen, sacar de lo que se ha dicho la siguiente definicion del sonido:

El sonido es la impresion producida por las vibraciones

de un cuerpo, que se transmiten hasta el órgano del oído á través de un medio ponderable y elástico cualquiera.

¿Con qué velocidad se propaga el sonido?

Las primeras medidas exactas se han verificado en 1738 por una comision de la Academia de Ciencias, de la cual formaban parte Lacaille y Cassini de Thury.

Se habian colocado en Montlhéry y en Montmartre piezas de artillería, y se habia convenido en que desde cierta hora se harian disparos con intervalos de tiempo iguales; los observadores median el tiempo trascurrido entre la aparición de la luz y la llegada del sonido. Este intervalo fué por término medio de 1 minuto y 24 segundos para una distancia de 29 000 metros próximamente, lo cual da una velocidad aproximada de 337 metros por segundo.

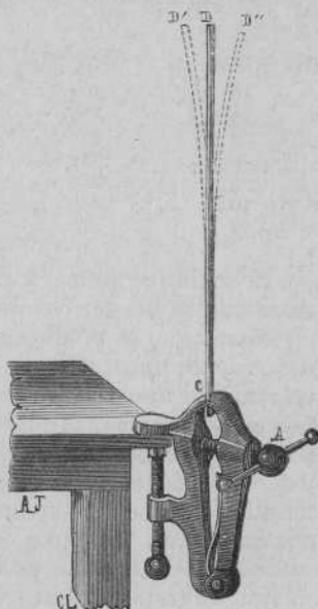


Fig. 9.—Vibracion de una lengüeta

Estos esperimentos se repitieron en 1822 por la Oficina de las Longitudes; los observadores eran Arago, Gay-Lussac, de Humboldt, Prony, Bouvard y Mathieu. Se eligieron como estaciones á Montlhéry y á Villejuif distantes 18 613 metros y se halló que á la temperatura de 16°, la velocidad de trasmision, era de 340 metros por segundo.

En diferentes paises se han ejecutado un gran número de esperimentos de esta misma clase. Hace muy poco tiempo M. Regnault se ha ocupado del mismo objeto utilizando todos los recursos de la física moderna y particularmente las señales telegráficas para apreciar el instante de los disparos y de la llegada del sonido.

La velocidad de este varía con la densidad y la elasti-

cidad del aire y por lo tanto con su temperatura. Segun las mediciones mas precisas podemos formar el cuadrilo siguiente para la velocidad del sonido en el aire.

Temperatura.	Velocidad por 1''	Temperatura.	Velocidad por 1''
- 15°	322	+ 20	342
- 10	326	+ 25	345
- 5	329	+ 30	348
0	332	+ 35	351
+ 5	334	+ 40	354
+ 10	336	+ 45	357
+ 15	339	+ 50	360

El sonido se propaga en el aire por ondulaciones sucesivas que se pueden comparar groseramente á las ondas circulares que se producen en la superficie del agua alrededor de un punto agitado por la caída de una piedra. Pero en realidad uno y otro son fenómenos muy diferentes. En las ondas líquidas las moléculas suben y bajan alternativamente respecto al nivel general, pero no sufren ningun cambio de densidad; este cambio es por el contrario característico de las ondas sonoras. Hay sin embargo en estos dos fenómenos una circunstancia comun que es importante indicar; las ondas no producen ningun verdadero movimiento de transporte: asi es que cuando se suceden unas á otras las ondas líquidas, si se observa la posicion de un cuerpecillo flotante, se le vé alternativamente subir y bajar, pero sin cambiar de sitio con relacion á la superficie del líquido. Del mismo modo las ondas sonoras ejecutan movimientos alternativos en la direccion en que se propaga el sonido, pero el centro de estos movimientos no experimenta variacion alguna.

La educacion científica debe enseñarnos á ver en la naturaleza lo invisible del mismo modo que lo visible; debe pintar para los ojos de nuestra inteligencia lo que no puede verse con los ojos del cuerpo. Fijando un poco la atencion, podemos formarnos una idea verdadera de la onda sonora: podemos ver mentalmente primero las moléculas de aire oprimirse unas contra otras, y estenderse despues de esta condensacion por un efecto contrario de expansion ó de en-

rarecimiento; así podemos representarnos una onda sonora como compuesta de dos partes: una, en la cual el aire se condensa; otra, en la cual por el contrario se dilata. Una condensacion y una expansion, hé aquí lo que constituye esencialmente la onda sonora.

Ahora bien; si el aire es necesario para la propagacion del sonido, ¿qué sucederá cuando un cuerpo sonoro por ejemplo, una campana de reloj se coloque en un espacio sin aire? Sucederá que ningun sonido podrá salir de aquel espacio vacío. El martillo golpeará en la campana, pero en silencio. El físico Hawksbee demostró este hecho en 1705, por medio de un experimento memorable ante la Sociedad Real de Lóndres. Colocó una campana bajo el recipiente de una máquina neumática, de modo que el badajo pudiera seguir golpeándola despues de haber agotado el aire. Mientras que en el recipiente habia algo de este fluido, se oía el timbre de la campana, pero dejó de oirse, ó al menos se oyó de un modo estremadamente débil, tan pronto como estuvo hecho el vacío. Hay otro aparato que permite repetir mas convenientemente el experimento de Hawksbee. Bajo un recipiente colocado sobre la platina de la máquina neumática se encuentra un movimiento de relojería, con su campanilla. El mazo está sostenido por una rueda catalina. Se extrae el aire, y luego por medio de una varilla que atraviesa la parte superior del recipiente, sin permitir la entrada al aire exterior, se suelta el tope que detiene el mazo. La campanilla vibra *en silencio*. Si despues dejamos penetrar el aire en el recipiente empieza á percibirse un ruido muy débil al principio, y que va haciéndose mas intenso á medida que la densidad del aire aumenta.

A alturas considerables de la atmósfera, la intensidad del sonido disminuye notablemente. Segun la apreciacion de Saussure, la detonacion de un pistoletazo en la cima del Monte Blanco equivale á la de un petardo ordinario al nivel de la llanura.

Demostrado, pues, que no hay sonido en el vacío, es fácil comprender que podrian verificarse catástrofes espantosas en los espacios planetarios, sin que el mas ligero ruido pudiera llegar á la superficie de la Tierra.

El movimiento vibratorio del aire se representa como una onda circular que se propaga con la misma velocidad en todos sentidos, y que va debilitándose en proporción de la distancia. ¿Dónde se detiene? ¿Dónde concluye el sonido? Parece que debe ser en aquel punto del espacio en que deja de ser perceptible por el oído mas delicado; y ya se sabe cuánto varía este límite en los diversos individuos según la organización y la costumbre. No es dudoso, sin embargo, que las ondas sonoras continúan propagándose á lo lejos aun después que toda sensación ha cesado para el oído mas fino y mas esperto. En los sitios en que hay una población numerosa, el ruido que mantienen en el aire constantemente tantos millares de personas establece diferencias características entre el día y la noche: estos ruidos se cruzan, se mezclan, se propagan, si bien de una manera confusa, y dominan á cualquier otro ruido particular. El silencio es el compañero de las tinieblas y del desierto. Durante la noche nada hay que disminuya la intensidad del sonido, y el oído percibe en todo su vigor el fragor de la tempestad, el silbido del viento, el mugido de las olas, los penetrantes gritos de los pájaros salvajes y de las bestias feroces: este es el origen de los terrores supersticiosos y de los miedos pusilánimes que conciben los pobres de espíritu. Atravesando en globo una noche oscura sobre las llanuras de la Charente, el curso de un río me parecia tan intenso como el ruido de enormes cascadas, y el canto de las ranas elevaba su quejumbrosa nota, hasta una altura de cerca de 1000 metros. Mas allá de 3 kilómetros concluyen todos los ruidos. No he asistido nunca á un silencio mas profundo y mas solemne que el de estas grandes alturas de la Atmósfera, de estos desiertos helados, á los cuales no llega ningun ruido de la Tierra.

Dos condiciones, dice Tyndall, determinan esencialmente la velocidad de las ondas sonoras, á saber: la elasticidad y la densidad del medio que atraviesan. La elasticidad del aire se mide por la presión que sufre y á la que hace equilibrio. Hemos visto que al nivel del mar esta presión es igual á la de una columna de azogue de 76 centímetros. En la cima de Monte Blanco la columna baromé-

trica apenas escede de la mitad de esta altura, y por consiguiente, en el punto mas elevado de esta montaña, la elasticidad del aire solo tiene la mitad del valor que al nivel del mar.

Si pudiéramos aumentar la elasticidad del aire sin aumentar al mismo tiempo su densidad, aumentaríamos la velocidad del sonido, y el mismo efecto se conseguiria si pudiéramos disminuir la densidad sin que la elasticidad variase. Esto supuesto, el aire calentado en el interior de un vaso cerrado en que no puede dilatarse, aumenta su elasticidad por el calor, sin que su densidad varíe. Al través del aire calentado en esta forma, el sonido se propagará, pues, con mayor rapidez que á través del aire libre. Del mismo modo el aire, al cual se deja la facultad de dilatarse con el calor, disminuye de densidad sin perder su fuerza elástica, y por consiguiente, propagará el sonido con mayor rapidez que el aire frio: esto es lo que sucede cuando nuestra atmósfera está calentada por el Sol. El aire se dilata, se hace mas ligero á igualdad de volúmen, mientras que su presion, ó en otros términos, su elasticidad no varía. Así se explica la frase que dice: «la velocidad del sonido en el aire es de 332 metros por segundo á la temperatura del hielo fundente.» A temperaturas mas bajas la velocidad es menor, y á temperaturas mas altas es mayor, pudiendo espresarse la diferencia por término medio por un aumento de 6 decímetros por cada grado de temperatura.

Bajo la misma presion, es decir, con la misma elasticidad, la densidad del hidrógeno es mucho menor que la del aire, y por consiguiente, la velocidad del sonido en el hidrógeno sobrepaja considerablemente á la que tiene en nuestra atmósfera.

El hecho de que un aire, aunque enrarecido, puede transmitir sonidos intensos, se demuestra por las esplosiones de los meteoritos á grandes alturas; si bien es cierto que en estos casos la causa inicial de la conmocion atmosférica debe ser estremadamente violenta.

El movimiento sonoro, como todos los demás, se debilita cuando se trasmite de un cuerpo ligero á un cuerpo

pesado. La accion del hidrógeno sobre la voz presenta un fenómeno de la misma especie. La voz se forma por la inyeccion del aire de los pulmones en la laringe. Al pasar por este órgano el aire vibra en virtud de las inflexiones vocales, que engendran de este modo el sonido. Ahora bien, si se llenan los pulmones de hidrógeno y se quiere hablar, las inflexiones vocales imprimen tambien su movimiento al hidrógeno, que á su vez le trasmite al aire exterior; pero esta trasmision de un gas ligero á otro gas mucho mas pesado tiene por consecuencia una disminucion considerable en la intensidad del sonido. Este efecto es sumamente curioso. Sir John Tyndall le ha demostrado ante el Instituto Real de Lóndres: llenó sus pulmones por medio de una fuerte aspiracion; habló y su voz, por lo comun fuerte, era bronca y cavernosa; su timbre se habia debilitado y las palabras parecian salir del fondo de una tumba.

La intensidad del sonido depende de la intensidad del aire en medio del cual se produce; no de la intensidad del aire en que se percibe.

Las ondas sonoras, propagadas en todos sentidos á partir del punto en que el sonido se produce, se difunden en la masa de aire conmovida, que va aumentando continuamente y que por consecuencia debilita cada vez mas el movimiento propagado. Supongamos alrededor del centro de conmocion una capa de aire esférica, de un metro de radio. Una capa de aire del mismo espesor, y cuyo radio sea de dos metros, contiene una cantidad de aire cuatro veces mayor: una capa de tres metros de radio contiene 9 veces mas que la primera; una capa de cuatro metros, 16 veces mas y así sucesivamente. La cantidad de aire puesta en movimiento aumenta, pues, como el cuadrado de la distancia al centro de conmocion. La *intensidad* ó la fuerza del sonido disminuye en la misma relacion. Se espone esta ley diciendo que *la intensidad del sonido varía en razon inversa del cuadrado de la distancia*.

Esta disminucion del sonido en razon inversa del cuadrado de la distancia no se verificaria si las ondas sonoras se propagaran en condiciones tales en que no fuera posible su difusion lateral. Produciendo el sonido en un tubo cuya

superficie interior no contenga asperezas, realizamos estas condiciones esenciales, y las ondas sonoras limitadas de este modo se propagan á grandes distancias sin perder casi nada de su intensidad. Biot, estudiando la trasmision del sonido á través de los tubos de la conduccion de aguas en París, observó que podia seguir una conversacion en voz baja á la distancia de un kilómetro. El murmullo mas débil de la voz se percibia bien á esta distancia, y la detonacion de un pistoletazo en uno de los extremos apagaba una vela colocada en el otro.

Los ecos dependen en gran parte de la compresibilidad y de la elasticidad del aire. Las ondas sonoras, segun hemos dicho, se propagan indefinidamente, y por último se pierden en el espacio; pero cuando encuentran un obstáculo en su marcha experimentan una reaccion semejante á la que se observa en la luz cuando cae sobre un cuerpo pulimentado: para que los ecos se produzcan con limpieza es necesario que haya por lo menos una distancia de un décimo de segundo ó de 17 metros entre el observador y la superficie de reflexion. Cuando se observa demasiado cerca el eco, se sustituye por una resonancia confusa que en ciertos edificios no permite oír la voz de los oradores.

Todos los sonidos graves ó agudos tienen la misma velocidad de 340 metros por segundo en el aire á 16 grados. A la mitad de esta distancia el eco repite cuatro sílabas pronunciadas rápidamente: á una distancia mayor puede repetir con limpieza mayor número de sílabas y aun frases enteras. El eco del parque de Woodstock, en Inglaterra, repite diez y siete sílabas por el dia y veinte por la noche. Segun Plinio, habia en Olimpia un pórtico que volvia los sonidos veinte veces. Dícese tambien que el eco del castillo de Simonetti repetia cuarenta veces la misma palabra. La teoría es idéntica para los ecos múltiples que se producen en superficies de reflexion opuestas, cada una de las cuales devuelve á la otra repetidas veces la onda sonora, como sucede con un rayo de luz recibido entre dos espejos paralelos.

Los sonidos perceptibles están comprendidos entre los límites de 60 y 40000 vibraciones sencillas al segundo; límites que tal vez se separan aun algo para oídos escepcio-

nalmente sensibles. Las ondulaciones del éter que produce el calor y la luz son infinitamente mas rápidas. El calor oscuro comienza á 65 billones de vibraciones, los colores visibles están comprendidos entre 400 y 900 billones, y los rayos químicos llegan ya á los 1 000 billones. ¿Qué sucede con las vibraciones comprendidas entre 40 000 y 400 billones, que son demasiado rápidas para ser sonoras y demasiado lentas para ser luminosas?



El organismo humano es comparable á un harpa de dos cuerdas, que son el nervio auditivo y el nervio óptico: el primero percibe los movimientos vibratorios de la naturaleza comprendidos entre 60 y 40 000. El segundo los que están comprendidos entre 400 y 900 billones. Los demás no encuentran en nosotros nervio susceptible de sentirlos. De lo cual resulta que solo conocemos de toda la naturaleza que nos rodea dos órdenes de hechos, y que pueden existir en la misma Tierra, á nuestro mismo lado, una porcion de cosas que no podemos ver ni oír, y que por lo tanto pasan desapercibidas para nosotros.

Entre todos los sonidos perceptibles, los límites de la voz humana son el *fa* mas grave de 87 y el *do* mas elevado de 4 200 vibraciones.

El sonido tiene cuatro propiedades fundamentales: la duracion, el tono, la intensidad y el timbre. Las tres primeras están definidas por las mismas palabras que las expresan; en cuanto al *timbre*, es la resonancia particular de cada instrumento ó de cada voz que permite distinguir sin trabajo los sonidos de un violin, de los de un clarinete ó de los de una flauta, y reconocer por la voz á una persona que habla ó que canta.

El timbre de los sonidos ha sido durante mucho tiempo para los físicos y los fisiólogos un enigma insoluble. Solamente de algunos años á esta parte los preciosos experimentos de M. Helmholtz han demostrado que depende del número de sonidos armónicos que se producen al mismo tiempo que el sonido fundamental y de su intensidad relativa.

La intensidad de los sonidos emitidos en la superficie de la Tierra se propaga de abajo arriba, con mucha mas facilidad que en ninguna otra direccion, y se trasmite sin apagarse hasta alturas muy grandes de la Atmósfera. Para citar algunos ejemplos, tomados de mis viajes aerostáticos, empezaré por decir que á 300 ó 400 metros encima de París, se percibe constantemente un ruido inmenso, colosal, indescriptible. Elevándose en un jardin silencioso, como por ejemplo el del Observatorio ó el del Conservatorio, causa una gran sorpresa penetrar en aquel caos de sonidos y ruidos diferentes. En el Apéndice (1) se encuentran algunos detalles que demostrarán mejor aun esta ascension del sonido.

La mejor superficie para volver el eco es la de un agua tranquila. Sucede algunas veces que un lago devuelve distintamente la primera mitad de una frase, mientras que la otra se acaba con dificultad por la reflexion desigual del terreno de la orilla.

He podido observar particularmente la reflexion del sonido por diversas superficies, y estudiar su propagacion en la vertical á través de capas desigualmente densas. Cerniéndose á una altura considerable (3 000 metros) un sonido violento se devuelve por la tierra con un timbre tan particular, que no parece venir de abajo, y que produce la sensacion de un acento enviado desde otro mundo. Cuando desde una altura pequeña (300 ó 500 metros) se dirige á la Tierra un grito monosílabo, se ve que la superficie de las aguas tranquilas es la mejor para la reflexion del sonido. El agua, agitada por una brisa, aunque sea ligera, devuelve ya el sonido velado. La superficie de los prados y de los campos es peor todavía para este objeto. He compro-

(1) Véase la nota I al fin de este tomo.

bado estos hechos con especial cuidado, y provisto del cronómetro, principalmente en mi viaje del 18 de junio de 1867, pasando sobre el lago de Saint-Hubert, no lejos del bosque de Rambouillet. La superficie elástica de un agua tranquila refleja íntegramente las ondas sonoras, con una fidelidad semejante á la que tiene un espejo para la luz.

Cuando ha cesado el sonido, queda aun en el aire un movimiento capaz de hacer vibrar las membranas dispuestas para recibir y traducir esta impresion. M. Regnault ha medido estas *ondas silenciosas* y ha determinado los límites de longitud en que se detiene la onda sonora, y el curso de la onda silenciosa que la sucede. En un tubo de conduccion de gas de 3 decímetros de diámetro, el disparo de una pistola cargada con un gramo de pólvora se oía en el otro extremo distante 1 905 metros, y cerrando el tubo con una chapa de palastro, el eco de este ruido se percibia en el punto de partida, prestando atencion durante algun tiempo. El límite de la estension de las ondas sonoras era en este caso, por consiguiente, 3 810 metros. La estension de las ondas silenciosas es mucho mayor. Cuando estas no hieren el oido, ponen aun en vibracion las membranas mucho despues del punto en que se detienen las vibraciones sonoras. En el caso citado, la estension de la onda silenciosa era de 11 834 metros, es decir, tres veces mayor que la de la onda sonora. Se han observado aun estensiones mas considerables en las ondas silenciosas.

Debo añadir que hace muy poco tiempo el mismo sábio ha hecho una nueva determinacion de la velocidad del sonido en el aire. Para hacer esta medida ha empleado el método que habian usado tambien sus antecesores, es decir, cañonazos disparados recíprocamente por observadores colocados en las dos estaciones. Se han hecho con este objeto algunos centenares de disparos de cañon, en la llanura de Satory, con toda clase de tiempo y á todas las horas del dia y de la noche. Estos esperimentos no han hecho mas que confirmar la exactitud de las cifras que hemos presentado anteriormente.

Al mismo tiempo que vehículo del sonido, es el aire

tambien vehículo de los olores y de todas las emanaciones de la superficie terrestre. Pero los olores no se deben únicamente al movimiento vibratorio, como el sonido y la luz: Fourcroy ha sido el primero que ha indicado que las emanaciones olorosas se deben á la volatilidad de los vegetales y de las demás sustancias; que los olores están constituidos por verdaderas moléculas en suspension en el aire, por particulas materiales estremadamente ténues, votalizadas en la atmósfera. Los perfumes de las praderas y de los bosques se elevan hasta cierta altura, donde solo existen para deleitar al aeronauta, no para los vulgares sentidos de las gentes que se quedan en este bajo suelo.

No hay nada que dé una idea mas exacta de la divisibilidad de la materia que la difusion de los olores. Cinco centígramos de almizcle colocados en una habitacion despiden un olor fuertísimo durante mucho tiempo, sin que su peso disminuya sensiblemente, y la caja que los ha contenido conserva casi para siempre su perfume. Haller refiere que papeles perfumados con un grano de ambar gris despedian todavía un fuerte olor al cabo de 40 años. Recuerdo haber comprado en los malecones de París hace doce años un folleto de Reichenbach sobre el *Od*, que tenía un olor de almizcle muy pronunciado. Habia estado allí muchos meses, sin duda alguna espuesto al aire, al sol y á la lluvia; despues ha estado tambien espuesto al aire en una tabla de la biblioteca, y en este momento en que por casualidad acabo de hojearle le encuentro mas almizclado que nunca.

El aire transporta los olores á distancias considerables. Un perro conoce muy de lejos, por el olor, que se aproxima su amo; y se asegura que á 10 leguas de las costas de Ceylan transporta el viento el delicioso olor de sus embalsamados bosques. Lo mismo que la armonía y la actividad de la superficie del globo, debemos estos dulces perfumes á la presencia de la Atmósfera.

CAPITULO VIII.

ASCENSIONES AERONÁUTICAS.

Ascensiones en las montañas.—Disminucion de las condiciones de la vida segun la altura.

Siendo el aire un fluido de cierta densidad, análogo al agua relativamente al principio de la presion, pero incomparablemente mas ligero, como ya lo hemos visto, basta un momento de reflexion para concebir que si se coloca en el aire un objeto mas ligero que él, este objeto se elevará á las regiones superiores, del mismo modo que un cuerpo mas ligero que el agua, como la madera ó el corcho, colocado en el fondo de aquella, se eleva hácia su superficie en virtud de su menor peso específico.

Si la Atmósfera formase por cima de la superficie del globo un océano homogéneo de la misma densidad en toda su estension, y terminado como el mar por una superficie plana definida, todo cuerpo cuya densidad fuese menor que la homogénea de aquel océano aéreo, se elevaria cuando se la abandonase á sí mismo, con la fuerza ascensional de una impulsión igual á la diferencia de las densidades, y acabaria por flotar en la superficie superior de aquella atmósfera. Esto es lo que habian supuesto muchos antecesores de Montgolfier, entre otros el buen padre Galiano en su fantástico proyecto de navegacion aérea publicado en 1755. Su famoso navío podia contener 54 veces mas peso que el arca de Noé; sus dimensiones eran las de la ciudad de Avignon, y debia tener su borda 83 toesas por cima de

la línea de flotacion, porque la hipótesis de este laborioso y excelente fraile, declaraba que aquel gran barco de palastro, flotaria en la Atmósfera en virtud del mismo principio que sostiene los navios de línea sobre el Océano!

Pero disminuyendo la densidad de las capas atmosféricas á medida que se asciende, un objeto mas ligero que las capas inferiores sube solamente hasta aquella region en que la densidad es tal que el peso del volúmen desalojado iguala al suyo, cosa que no tarda en suceder, puesto que los objetos mas ligeros que hasta ahora han podido construirse (globos llenos de hidrógeno puro), no ofrecen con el peso del volúmen de aire desalojado mas diferencia que aquella que separa la densidad de las capas inferiores de la de otras colocadas á una altura relativamente pequeña (10 000 á 15 000 metros como máximo, sino se construye un globo de dimensiones colosales).

Arquímedes estableció para los líquidos un principio que puede aplicarse exactamente al fluido atmosférico enunciándole de este modo: Todo cuerpo situado en la Atmósfera pierde una parte de su peso absoluto, igual al peso del aire que desaloja.

Esta pérdida efectiva de peso en el aire, se demuestra por medio de una balanza especial, destinada, como su nombre lo indica, á *ver el peso; el barómetro*. En uno de los extremos de la cruz está suspendida una esfera hueca de cobre; en el otro hay una masa pequeña de plomo que en el aire hace equilibrio á la esfera de cobre. Si se coloca este aparato bajo la campana de una máquina neumática, se observa que cuando se ha hecho el vacío la balanza se inclina del lado de la esfera de cobre, lo que demuestra que en *realidad* pesa mas que el plomo del otro brazo, que le hacia equilibrio en el aire, ó en otros términos, que perdía en el aire mayor parte de su peso que la masa de plomo en atencion á su mayor volúmen.

Si se quiere hacer ver por medio del mismo aparato que esta pérdida de peso es igual al peso de un volúmen igual de aire, se mide el volúmen de la esfera; si es, por ejemplo de medio litro, como el peso de $\frac{1}{2}$ litro de aire es de 0^{gr}.65, se añade este peso al trozo de plomo, y el equi-

librio se establece entonces en el vacío y deja de existir en el aire.

Observemos de paso, con este motivo, que cuando se pesa un objeto cualquiera en una balanza, no se obtiene jamás su peso efectivo, sino su peso aparente. Para tener el peso real de un objeto, sería preciso pesarle en el vacío. Hé aquí, pues, un error constante y habitual en que no se piensa apenas. Ciertamente que llevando la cuestión hasta el extremo, pudiéramos preguntarnos lo que es el peso efectivo de un cuerpo, y veríamos que este no existe. Es una pura relación que resulta del volumen y de la densidad del planeta en que habitamos. Un kilogramo no es una cantidad absoluta aunque lo parezca; la prueba de ello es que, transportado á la superficie del Sol, el mismo kilogramo pesaría cerca de 30 (29,37); en la superficie de Júpiter pesaría 2 550 gramos, y en la Luna 220 gramos. Y sin necesidad de esto, bastaría suponer nuestra Atmósfera con una densidad mayor para que todos fuésemos mas ligeros, y tanto mas cuanto mayor volumen ocupáramos; ó suponer que la Tierra girase 17 veces mas de prisa para que en los países tropicales no pesáramos absolutamente nada, y solo algunos gramos á la latitud de París. Esto podría servir para confirmar la doctrina de aquellos filósofos ingleses, que con Berkeley á la cabeza, sostienen que lo único real es que no hay nada real en el mundo.

Pero volvamos al peso del aire. Un globo no es otra cosa que un cuerpo que pesa menos que el volumen de aire que desaloja, y que por consiguiente va á buscar su equilibrio en una region superior, de menor densidad, en la cual el volumen de aire que desaloja pese precisamente lo mismo que él. Por consiguiente, lejos de ser una objeción á las leyes de la gravedad, la ascension de los globos aerostáticos, es su confirmación mas especial.

Cualquiera que sea la sustancia que se use para llenar un globo de seda ó de tafetan, si el conjunto formado por la tela, el gas que la llena, la barquilla, la red que la sostiene, los aeronautas y los instrumentos, pesa menos que el aire que desaloja, constituye un aparato aerostático y se eleva en la Atmósfera.

Cuando Montgolfier lanzó al espacio por la primera vez un globo, estaba lleno de aire caliente. La densidad de este á la temperatura de 50° es de 0,84, siendo la del aire 1. La densidad á 100°, temperatura del agua hirviendo, es de 0,72, lo cual no da apenas mas que $\frac{1}{3}$ de diferencia para la fuerza ascensional.

La densidad del hidrógeno puro, es incomparablemente menor puesto que es de 0,07, es decir, 14 veces mas pequeña que la del aire. La del carburo tetrahídrico (hidrógeno protocarbonado) es de 0,55, y la del gas del alumbrado próximamente la misma; es decir que es doce veces mas ligero que el aire. Ordinariamente se usa en los globos gas del alumbrado, que se introduce en ellos por medio de los tubos de conduccion.

Por una coincidencia feliz, frecuente en la historia de las ciencias, el hidrógeno se descubrió precisamente en la época de la invencion de los globos. En 1782 el fisico Cavallo presentó en Lóndres, en el anfiteatro donde daba sus lecciones, burbujas de agua de jabon llenas de hidrógeno, que se elevaban por su ligereza específica hasta el techo de la habitacion. En el año siguiente (5 de junio de 1783) fue cuando Montgolfier hizo elevarse el primer globo. Con un poco mas de estudio ó de actividad, Tiberio Cavallo hubiera podido arrebatár al fabricante de Annonay su inmortal invento.

Los globos hinchados por el aire caliente conservan aun el nombre de *Montgolfieras*, como recuerdo del experimento del sabio de Annonay. Los globos hinchados por el hidrógeno se llaman *globos aerostáticos*, desde que se llenó el primero en París el 27 de agosto de 1783 por el fisico Charles, miembro de la Academia de Ciencias, y los hermanos Robert.

La primera vez que se colgó una barquilla de un globo, fue en Versalles, el 19 de setiembre de 1783, en presencia de Luis XVI y de María Antonieta; pero los pasajeros que ascendieron en este ensayo fueron un carnero, un gallo y un pato... El primer viaje aeronáutico verdadero se verificó el 21 de octubre siguiente, por Pilâtre des Rosiers y el marqués de Arlandes, que se elevaron en Mongolfiera,

desde la quinta de La Muette (bosque de Bolonia), y descendieron al Sur de París (Montrouge), despues de haber atravesado el cielo de la capital.

El momento de partir hace experimentar al alma una impresion solemne. He andado 600 leguas por la Atmósfera en diez viajes distintos, durante los cuales he pasado tres noches en esas tenebrosas alturas, y siempre que tengo el placer de entrar de nuevo en la barquilla que va á elevarse á las regiones aéreas, experimento una sensacion análoga á la que experimenté la primera vez que me sentí arrastrado á través de los aires.

*Sentirse arrastrado, no da una idea exacta de la situacion que entonces se experimenta. Es mejor decir *verse* arrastrado, porque no se siente movimiento alguno, y en apariencia es la tierra la que baja.*

Las impresiones personales en estas cosas son, sin duda alguna aquellas cuya narracion puede dar mejor idea de la realidad. Por esto voy á permitirme indicar aquí algunas. Mi primera ascension se verificó el dia de la *Ascension* (25 de mayo) de 1867. Mucha gente habia venido á despedirme. Algunos amigos íntimos estaban próximos á la barquilla y debajo de ella, porque ya no tocaba al suelo. Eugenio Godard, que habia comprobado el equilibrio perfecto del globo, dió orden á cuatro ayudantes de que dejaran escurrir poco á poco entre sus manos, sin soltarlas, las cuerdas que aun detenian la marcha, y de este modo nos encontramos algunos metros por cima del nivel ordinario de los hombres. El cielo estaba sereno, el viento era suave, y el globo lleno de hidrógeno se impacientaba y procuraba elevarse de una vez á sus luminosos dominios. Entonces, tomando un saco de lastre, gritó Godard: «soltar ~~del~~ todo,» vertió unos cuantos kilogramos de arena, y el globo se elevó con una lentitud magestuosa hácia el cielo que le llamaba. Por lo que á mí hace, despues de haber instalado mis instrumentos, saludé con la mano al grupo de nuestros amigos, que ya parecia disminuir y que pronto no presentaba á la vista mas que un punto en medio de la inmensidad de París, que se ofrecia por primera vez ante mis ojos con sus torres, sus campanarios, sus agujas, sus

edificios, sus boulevares, sus jardines, su rio... capital imponente, cuya voz colosal subia á la Atmósfera como un murmullo gigantesco.

El globo se elevó formando una curva oblicua, que resultaba de dos fuerzas componentes; la ascensional por una parte, y la velocidad de la corriente del aire por otra. Si, segun conviene bajo los dos aspectos físico y estético, se tiene cuidado de no dar al globo mas que una ligera fuerza ascensional, se ve desarrollarse lentamente ante la vista el mas magnífico de los panoramas, y se pueden apreciar tambien las indicaciones de los instrumentos, que serian falsas á no tener la precaucion de dejarlas el tiempo necesario para ponerse en las condiciones que corresponden al aire ambiente.

Si se quiere permanecer á una altura pequeña, como 800, 1 000 ó 1 200 metros para estudios higrométricos especiales, se deja al globo tomar una marcha horizontal en cuanto se llega á la capa de la densidad correspondiente á su volumen.

Si se quiere ascender á alturas considerables, se va saltando poco á poco el lastre.

El aeronáuta, el meteorologista, el astrónomo que se ciernen así en los aires, se encuentran en la situacion mas envidiable para el hombre que quiere estudiar la Atmósfera. Penetrando en el seno de las nubes, atravesándolas para determinar el calor y la luz que domina en ellas, siguiendo la tormenta en su misteriosa formacion, estudiando la produccion de la lluvia, de la nieve, del granizo, trasportándose, en una palabra, al mismo sitio en que se verifican los fenómenos que se quieren examinar, el observador es el verdadero dueño de la Tierra, y es superior á la naturaleza por su inteligencia contemplativa. En vano se pasarán años y años haciendo hipótesis en el rincon del hogar con los libros y aparatos ante los ojos; en estos fenómenos como en todos los demás, el medio mejor para saber lo que pasa es *ir á verlo*, como dice un antiguo adagio. Y seguramente, ninguna tentativa ha sido mas fecunda en útiles resultados.

No quiero volver ahora sobre un objeto que espuse ya

ámplia y completamente en una obra especial que publique el año pasado. El objeto de este capítulo no es referir mis viajes aéreos, y los resultados científicos obtenidos en mis escursiones. Los he aprovechado para los diferentes estudios que forman el presente libro. Aquí no hace falta otra cosa que establecer la teoría general de la ascension de los globos en sus relaciones con el estudio de la Atmósfera, y dar una idea de las curiosas impresiones de este género de viajes.

Si los viajes aéreos pueden aplicarse con fruto al estudio de las fuerzas que obran en la Atmósfera y de las leyes que presiden á sus múltiples movimientos, son tambien un objeto especial de interés para un ánimo observador, al cual ofrecen un campo particular de contemplacion, vasto y fecundo. Conducido por los espacios del cielo, merced al sopro invisible de los vientos y á su ligereza específica, el globo solitario domina las inmensas escenas de la naturaleza, y las llanuras terrestres en que se suceden las fases históricas de la humanidad. Semejante á un planisferio, á un mapa geográfico estendido sobre una llanura sin límites, la Tierra se presenta con todos los caracteres de su topografía local. Capitales asentadas á la orilla de los rios, ciudades centrales de las provincias, aldeas innumerables diseminadas por los campos, y que se presentan por centenares como aquellas pequeñas quintas dibujadas en los antiguos mapas; laderas sombreadas por la vid, tierras doradas por el trigo, praderas de esmeralda, arboledas en que gorgcean los alegres pájaros, montes soberbios con sus crestas cubiertas de espesos bosques, arroyos esmaltados y largos rios, que descenden á los lejanos mares; toda clase de bellezas alegres y severas, toda clase de paisajes y de perspectivas se despliegan lentamente bajo la vista encantada del aeronáuta, que sin experimentar la mas pequeña sacudida, se cierne como en un sueño, hasta el instante en que vuelve á poner el pie en esta tierra que acaba de contemplar desde las alturas del empíreo.

Una impresion menos viva, pero sin embargo de la misma especie, es la que sentimos cuando subimos á las montañas.

La pureza química del aire superior, sus cualidades vivificas y aperitivas, la variacion de la presion atmosférica, son elementos físicos que es preciso tener en cuenta para explicar la influencia favorable que se siente cuando se permanece en altitudes moderadas. En cuanto á la accion moral que en las organizaciones susceptibles puede ejercer la contemplacion de las montañas, en que la naturaleza ha prodigado con amplia mano esa mezcla de lo gracioso y de lo terrible, con la cual compone lo pintoresco, no hay quien pueda negarla.

«Es una impresion general, dice J. J. Rousseau, la que todos los hombres experimentan, aunque no la observen todos ellos, cuando suben á las montañas en que el aire es mas sutil, y en donde hay mas facilidad para respirar; se siente el cuerpo mas ligero y el espíritu mas sereno. En esos sitios los deseos son menos ardientes y las pasiones mas moderadas. Las meditaciones se rodean de una tranquila voluptuosidad que no tiene nada de aere ni de sensual. Parece que elevándose por cima de la habitacion de los hombres, se dejan en lo bajo los sentimientos ruines y terrestres, y que á medida que estamos mas próximos á las regiones etéreas, adquiere nuestra alma algo de su inalterable pureza. En ellas estamos graves sin estar melancólicos, apacibles sin estar indolentes, contentos de vivir y de pensar. Creo que ninguna agitacion violenta, ninguna enfermedad podria resistirse á una permanencia prolongada en tales sitios, y me sorprende que los baños de aire salutífero de las montañas, no sean uno de los principales remedios de la medicina.»

Es indispensable, sin embargo, hacer notar aquí, que mas allá de ciertas altitudes moderadas, el organismo humano puede experimentar accidentes funestos á consecuencia del cambio de presion atmosférica, de la sequedad del aire y del frio.

El trastorno fisiológico y el malestar que se sienten en alturas muy considerables, se conocen desde hace mucho tiempo. Ya en el siglo XV los observó y los describió Da Costa, bajo el nombre de *mal de las montañas*. Despues todos los que han verificado ascensiones en los Alpes, en

los Andes ó en el Himalaya, ó bien en globo, han notado estas perturbaciones singulares del organismo y han presentado teorías mas ó menos racionales para explicarlas. La principal causa considerada desde Saussure era sencillamente el enrarecimiento del aire; pero ¿por medio de qué serie de acciones y reacciones obra este enrarecimiento sobre el cuerpo humano? Esto era lo difícil de comprender.

En 1804 llegaron Gay-Lussac y Biot en globo hasta una altura de 4 000 metros. El pulso de Gay-Lussac, que ordinariamente daba 62 pulsaciones al minuto, llegó entonces á 80; el de Biot, de 69 á 111. En la memorable ascension de julio de 1862, los señores Glaisher y Coxwell llegaron á la enorme altura de 11 000 metros. Antes de partir el pulso de M. Coxwell era de 74 pulsaciones al minuto, y el de Glaisher de 76; á 5 200 metros el primero tenia ya 100 pulsaciones y el segundo 84. A 5 800 metros las manos y los labios de Glaisher se habian puesto cárdenos, pero la cara no; á 6 400 metros oia los latidos de su corazon y respiraba con muchísima dificultad; á 8 850 metros cayó sin conocimiento y no volvió en sí hasta que el globo bajó de nuevo al mismo nivel. El aeronauta que le acompañaba, á los 11 000 metros no pudo servirse de las manos y tuvo necesidad de tirar con los dientes de la cuerda que abria la válvula. Algunos minutos mas tarde hubiera perdido tambien el conocimiento, y probablemente ambos la vida. La temperatura del aire en aquel momento era de 32° bajo cero. Sin embargo, en los globos el observador está inmóvil, gasta poco ó no gasta absolutamente sus fuerzas, y puede llegar por esta razon á grandes alturas antes de sufrir los trastornos que detienen mucho mas abajo al que asciende por la sola potencia de sus músculos, en la ladera de una elevada montaña.

De Saussure, en su ascension al Monte Blanco el 2 de agosto de 1787, ha descrito tambien las molestias que él y sus compañeros experimentaron en una altitud bastante poco elevada. En la Meseta Pequeña (Petit Plateau) donde pasó la noche á 3 890 metros, los robustos guias que le acompañaban, á los cuales no habian causado la menor fa-

tiga las horas que habian marchado, apenas quitaban algunas paladas de nieve para establecer las tiendas cuando ya no podian mas, y era preciso que otros los relevasen; muchos de ellos tuvieron mareos y se vieron precisados á acostarse sobre la nieve para no perder el conocimiento. «Al dia siguiente, dice de Saussure, subiendo la última cuesta que conduce á la cúspide, tenia que tomar aliento cada quince ó diez y seis pasos; ordinariamente lo hacia de pie apoyado en el baston, pero una vez de cada tres tenia una necesidad de sentarme absolutamente invencible. Si trataba de sobreponerme á ella las piernas se negaban á sostenerme, sentia un principio de desmayo, y sufría alucinaciones independientes por completo de la accion de la luz, puesto que la doble gasa que nos tapaba el rostro me defendia perfectamente la vista. Como sentia mucho ver que el tiempo que pensaba destinar en la cima á mis observaciones se pasaba en estos descansos, traté de abreviarlos, y procuré no llegar al límite de mis fuerzas y pararme un momento cada cinco ó seis pasos; pero no conseguí nada, y cada quince ó diez y seis tenia precision de hacer una parada tan larga como si los hubiera andado seguidos. La mayor molestia no se percibe hasta 8 ó 10 segundos despues de haberse parado. Lo único que me hacia bien y aumentaba mis fuerzas era el aire fresco que nos traia el viento Norte: cuando al subir tenia la cara hácia este rumbo y *aspiraba* con gran fuerza aquel aire, podia dar sin descanso hasta veinticinco ó veintiseis pasos.»

Bravais, Martins y Le Pileur, en su célebre expedicion al Monte Blanco en 1844, experimentaron y estudiaron los mismos fenómenos en la Meseta Grande (Grand Plateau); los guias tenian que detenerse á cada paso para respirar, mientras limpiaban la tienda cubierta en parte de nieve. Una secreta angustia, dice Carlos Martins, se retrataba en todas las fisonomías: nadie tenia apetito. El mas robusto, el mas corpulento, el mas bravo de los guias, cayó sobre la nieve y estuvo á punto de desmayarse, mientras que el doctor Le Pileur le tomaba el pulso. Muy cerca ya de la cumbre quiso saber Bravais cuánto podria subir caminando todo lo deprisa que pudiera, y tuvo que detenerse al cabo

de treinta y dos pasos sin poder dar siquiera uno mas (1).

Terminaremos estas consideraciones relativas á las grandes alturas, haciendo notar que el sitio habitado mas alto del globo es el monasterio budista de Hanle (Thibet), en el cual viven 20 sacerdotes á la enorme altitud de 5039 metros. Otros monasterios se han construido á una altura casi igual en la provincia de Guari-Khorsum, á orillas de los lagos Monsarauor y Bakous, en los cuales se habita tambien todo el año. En estas regiones ecuatoriales se puede vivir bien durante diez ó doce dias, á 5500 metros; pero no se puede permanecer á esa altura mucho tiempo. Los hermanos Schlagintweit cuando exploraron los heleros del Ibi-Gamin en el Thibet, acamparon y durmieron con los ocho hombres que los acompañaban, desde el 13 al 23 de agosto de 1855, á estas alturas escepcionales visitadas rara vez por seres humanos. Durante diez dias su campamento varió de 5547 á 6442 metros, es decir, la altitud mas considerable á que ningun europeo ha pasado la noche. Estos tres hermanos llegaron el 19 de agosto de 1856 á subir hasta la altura de 7419 metros, la mayor á que se ha elevado ningun hombre en una montaña. Al principio sufrían mucho cuando las gargantas que atravesaban llegaban á 17000 pies; pero pasados algunos dias, ya no sentían mas que un malestar pasajero aun á 19000 pies. Es probable, sin embargo, que una permanencia prolongada á aquellas altitudes hubiese tenido consecuencias desastrosas para su salud (2).

(1) Todas las molestias experimentadas por los sabios de que acabamos de hablar y por otros muchos viajeros á grandes alturas, se han clasificado en un cuadro especial que aparece en el Apéndice, nota II.

(2) El enrarecimiento del aire en las altitudes elevadas, no causa únicamente los efectos fisiológicos que describe el autor en el cuerpo del libro y en el Apéndice, sino otros muchos de otra naturaleza, algunos de los cuales son sumamente notables.

En la provincia de Conchucos altos, en el Perú, se benefician galenas argentíferas de una gran riqueza que no contienen menos 1250 gramos de plata en cada quintal métrico de mineral. Las operaciones de beneficio son muy imperfectas y en cada fundicion se pierden mas de 300 gramos de plata; es decir mas de 50 reales por dia y homo: sin embargo ha sido imposible, segun indica el Dr. Percy, refiriéndose á una correspondencia del ilustrado ingeniero M. Ratcliffe, introducir en aquellas montañas el

Hace algunos años, Tyndall con objeto de hacer algunas observaciones científicas pasó una noche entera en la cúspide del Monte-Blanco sin mas refugio que una tienda-cita. Los guías que le acompañaban se pusieron tan enfermos que á la mañana siguiente tuvieron necesidad de bajar á toda prisa.

Recientemente M. Lortet que se habia elevado muchas veces hasta la altura de 4 300 metros en las faldas del Monte Blanco, sin experimentar la menor molestia, y que dudaba que 500 metros mas pudieran causar los síntomas que hemos indicado, subió hasta la cúspide para observarlos personalmente. «Ahora, dice, ahora tengo necesidad de confesarlo, me he convencido *de visu*, y un poco á mi costa de la existencia efectiva de las molestias, que á partir de esta altura, afectan al que respira y sobre todo al que se *mueve* en medio de este aire enrarecido.» Este es tambien el resultado de mis observaciones personales que me han hecho ver que es menos dañoso para las funciones orgánicas elevarse á grandes alturas sentado en la barquilla de un globo que trepando por cima de la nieve.

Para completar nuestro panorama atmosférico, es interesante decir cuáles son los puntos mas altos de las crestas de montañas en las cuales se haya fijado el hombre, y cuáles son las cimas mas altas de las cordilleras mineralógicas que taladran la epidermis terrestre para elevar á la atmósfera su mudo y helado esqueleto.

Los lugares habitados mas altos del globo son:

El monasterio budista de Hanle (Thibet).	5,039 metros.
Otros monasterios en las vertientes del Himalaya. 4,500 á 5 000 "	"
Relevo de postas de Apo (Perú).	4,382 "
Relevo de postas de Ancomarca (id.).	4,330 "
Aldea de Tacora (id.).	4,173 "

sistema de beneficio inglés porque el enrarecimiento del aire, dificultando la combustion, no permite el empleo conveniente de los aparatos usados en el Reino Unido; y sigue perdiéndose diariamente una cantidad de metal precioso que bastaria por sí sola para constituir un grandísimo beneficio, si se pudieran hacer las operaciones á una altitud mas pequeña donde el aire fuera mas denso.

(N. del T.)

Ciudad de Calamarea (Bolivia).	4,161	»
Alquería de Antisana (República del Ecuador).	4,101	»
Ciudad de San Luis de Potosí (Bolivia), poblacion antigua: 100,000.	4,061	»
Ciudad de Puno (Perú).	3,923	»
Ciudad de Oruro (Bolivia).	3,796	»
Ciudad de La Paz (id.)	3,726	»

Quito, capital de la república del Ecuador, está situada á 2 908 metros de altitud. La Plata, capital de Bolivia, á 2 844 metros; Santa Fé de Bogota, á 2 661.

El punto habitado mas alto de Europa es el convento del monte de San Bernardo, á 2 474 metros.

Los pasos mas altos de los Alpes son: el de Monte Cervino, á 3 410 metros; el del monte de San Bernardo á 2 472; el de la garganta de Seigne (2 461) y el de la Furka (2 439). Los pasos mas altos de los Pirineos son: el puerto de Oo (3 000); el puerto de Viel-d'Estaube (2 561) y el puerto de Pineda (2 500).

Las montañas mas altas del globo son:

	Gaurisankar, Deodunga ó monte Everest (Himalaya).	8,840	metros.
Asia ...	Kinchijunga (Sikkim, id.).	8,582	»
	Dwalagiri (Nepal, id.).	8,176	»
	Juwahir (Kemaou, id.).	7,824	»
	Chumalari (Thibet, id.).	7,298	»
América.	Aconcagua (Chile).	6,834	»
	Sahama (Perú).	6,812	»
	Chimborazo (República del Ecuador).	6,530	»
	Sorata (Bolivia).	6,487	»
Africa....	Kilimanjaro.	6,096	»
	Monte Woso (Etiopia).	5,060	»
Oceania..	Moana-Roa, volcan (isla Sandwich).	4,838	»
Europa...	Monte-Blanco.	4,815	»
	Monte-Rosa.	4,636	»

Las aves son naturalmente las que representan la poblacion de estas grandes altitudes. En los Andes, el condor, en los Alpes, el águila y el buitre, pueden cernerse por cima de las crestas mas elevadas; estos animales organizados para inmensos viajes, son los grandes veleros del Océano atmosférico como los petreles y las gigantescas gollondrinas de mar son los grandes veleros del Atlántico. Los

chucas (*Pyrrhocorax alpinus*) especie de cuervos de un negro profundo con el pico amarillo y las patas de un encarnado fuerte, no llegan á tan grandes alturas en la atmósfera; pero son por excelencia las aves de las cimas elevadas, de las regiones de las nieves y de los picachos estériles. Se las encuentra á veces en la cúspide del Monte Rosa y en la garganta del Gigante, á mas de 3 500 metros.

Hay tambien otras lindas aves que habitan como estas la region de los heleros y que animan un poco sus tristes é inmóviles paisajes. El pinzon de nieve (*Fringilla nivalis* Linn.) ama de tal modo su fria patria, que rara vez descien- de á la altura de los bosques. La nevadilla ó lavandera de los Alpes, (*Motacilla alpina* Linn.) le acompaña en estas grandes elevaciones; prefiere la region pedregosa y estéril que separa la zona de vegetacion de la de nieves perpétuas. Uno y otro suben alguna vez persiguiendo insectos á 3 400 ó 3 500 metros de altura.

La tierra tiene sus pájaros como el aire. Algunas especies no se sirven de las alas mas que cuando le es imposible andar; tales son las gallináceas. La region de las nieves tiene su especie particular, como tiene tambien sus pájaros característicos. El *lagópedo* ó perdiz de nieve (*Tetrao lagopus* Linn.) habita en Irlanda y en Suiza. Se eleva mucho mas alto que los ventisqueros y vive en aquellas heladas altitudes. Es tan aficionado á la nieve, que cuando llega el verano se eleva mas para buscarla: anida en ella y se revuelca encima con gran alegría. Algunos líquenes y las semillas arrastradas por el viento bastan para sustentarle, y caza insectos para alimentar á sus polluelos.

Los insectos son, en efecto, los únicos animales que abundan aun en estas regiones desheredadas, lo cual es una analogía mas que tienen con las latitudes polares. La clase de los coleópteros es la que predomina en los altos parajes de los Alpes; llegan á 3 000 metros en la falda meridional y á 2 400 en la opuesta. Sus alas son tan cortas que parece que no las tienen; se podria pensar que la naturaleza ha querido ponerles al abrigo de las grandes corrientes de aire, que los arrastrarian sin duda alguna si

no hubieran tenido, por decirlo así, *cargadas las velas*. Se encuentran á veces otros insectos, caballitos del diablo y mariposas que los vientos arrojan hasta esas altitudes y que van á perderse en medio de las nieves. Los heleros y los mares de hielo están cubiertos de víctimas que han perecido de este modo. Hay algunas especies, sin embargo, que al parecer se elevan hasta alturas de 4 000 ó 5 000 metros. En mis viajes aéreos he encontrado mariposas á alturas á que no subían las aves de nuestras latitudes; mas altas de 3 000 metros sobre el nivel del suelo. M. J. D. Hooker las ha encontrado en el monte Momay á una altitud de mas de 5 400 metros.

Tal es el cuadro de la vida animal en estas zonas alpinas en que la fauna se reduce gradualmente para dejar un lugar esclusivo á la soledad y á la desolacion. Mas allá del último tramo de la vegetacion, mas allá de la última region á que llegan los insectos y los mamíferos, todo queda silencioso y desierto; sin embargo, aun el aire está lleno de infusorios, de animalillos microscópicos que el viento levanta como polvo y que se elevan hasta una altura desconocida. Estos son, dice Alfredo Maury, gérmenes que nadan en el espacio y que esperan, para fijarse y ser el punto de partida de una nueva fauna, que se verifique otra sublevacion, otro nuevo trastorno de nuestro globo.

En el tercer libro nos ocuparemos de los heleros y del papel de las montañas en la meteorología. Era importante aquí terminar este primer libro sobre el fluido vital, examinando la disminucion de la vida con la altitud. Ahora llegamos al estudio de la luz y de los maravillosos fenómenos ópticos del aire.

LIBRO SEGUNDO.

LA LUZ Y LOS FENÓMENOS ÓPTICOS

DEL AIRE.

CAPITULO PRIMERO.

EL DÍA.

Hemos visto ya que la Atmósfera desempeña en nuestro planeta la mision fundamental de organizar la vida; que todos los séres vegetales y animales están constituidos para respirar en su seno, y para construir por medio de las moléculas que forman aquel fluido, el tejido sólido de sus organismos. Ahora vamos á ver que esta brillante Atmósfera es tambien la alegría de la naturaleza; que no solamente la esencia, sino tambien la forma, se deben á su presencia; que sin ella el mundo se arrastraria trabajosamente por el espacio, triste y descolorido, mientras que con ella marcha alegremente por los ámbitos del cielo, en medio de brisas y perfumes, sobre una capa etérea de azul y púrpura, y bajo el radiante brillo de una sonrisa eterna.

Cielo puro y sereno, que nos formas una bóveda azul, suaves tintas de la aurora, ardorosas magnificencias del crepúsculo, belleza arrobadora de los paisajes solitarios,

vaporosas perspectivas de las campiñas, y vosotros lagos, que como limpios espejos sonreís melancólicamente al cielo, reflejando las imponentes alturas cubiertas de perpétua nieve, sabedlo: vuestra existencia y vuestra hermosura se deben únicamente á este ligero cuanto poderoso fluido que se estiende sobre el globo terráqueo.

Sin él, no existirían ni estas perspectivas, ni estas tintas. En vez de un cielo azul tendríamos un espacio oscuro é insondable; en vez de las sublimes salidas y posturas del Sol, el día y la noche se sucederían bruscamente; en vez de las medias tintas que permiten la existencia de una luz suave, en todos aquellos puntos á que Febo no manda directamente sus deslumbradores rayos, no habria claridad sino en los sitios directamente alumbrados por el astro resplandeciente, y oscuridad en todos los restantes: nuestro planeta no podria ser habitable.

Sereno ó nublado, el cielo se presenta siempre á nuestra vista bajo el aspecto de una bóveda rebajada. Lejos de ofrecer la forma de un hemisferio parece que es chato y aplinado sobre nuestras cabezas, y que se estiende insensiblemente bajando poco á poco hasta el horizonte. Los antiguos habian tomado esta bóveda por lo sério. Pero, como dice Voltaire, esta idea era tan inteligente como la de un gusano de seda que tomase los límites de su capullo por los límites del universo. Los astrónomos griegos se la representaban como formada de una sustancia sólida y cristalina, y antes de Copérnico un gran número de astrónomos la creian tan sólida como vidrio fundido y endurecido. Los poetas latinos colocaron sobre esta bóveda y encima de los planetas y las estrellas fijas, las divinidades del Olimpo y su elegante corte mitológica. Antes de saber que la tierra está en el cielo, y el cielo en todas partes, los teólogos habian instalado en el empíreo, la Santísima Trinidad, el cuerpo glorioso de Jesus, el de la Virgen María, las gerarquías angélicas y toda la milicia celeste... Un misionero de la edad media refiere que, en uno de sus viajes en busca del paraíso terrenal, habia llegado hasta el horizonte en que el cielo y la tierra se tocan, y que habia visto un punto en que no estaban unidos, por el cual habia pasado encorván-

dose bajo la cubierta celeste... y sin embargo esta hermosa bóveda no existe. Yo me he elevado en globo mas alto de lo que estaba el Olimpo griego y no he llegado á tocar este techo, que huye á medida que se le persigue, como los manjares de Tántalo. Pero entonces, ¿qué es ese objeto azul que existe sin duda alguna, y que nos oculta las estrellas durante el dia?

Esta bóveda que contemplamos está formada por las capas atmosféricas que, reflejando la luz emanada del sol, interponen entre nosotros y el espacio una especie de velo fluido que varía de intensidad y de altura segun la densidad variable de las zonas aéreas. Largo tiempo se ha tardado en desvanecer aquella ilusion y en demostrar que la forma y las dimensiones de la bóveda celeste varían con la constitucion de la Atmósfera con su estado de transparencia, con la cantidad de luz que recibe.

Una parte de los rayos luminosos enviados por el Sol á nuestro planeta es absorbida por el aire; otra es reflejada; pero el aire no ejerce la misma accion sobre todos los rayos diversamente coloreados de que se compone la luz blanca: del mismo modo que un vidrio lechoso, deja pasar de preferencia los rayos de la estremidad roja del espectro solar y refleja por el contrario los rayos azules: esta diferencia, sin embargo, no se hace sensible sino cuando la luz atraviesa grandes masas de aire. De Saussure ha demostrado que el color azul del cielo se debe á la reflexion de la luz y no á un color propio de las partículas aéreas. Si el aire fuera azul, dice, las montañas lejanas cubiertas de nieve deberian aparecer azules, y esto no sucede. Un experimento de Hassenfratz prueba tambien que el rayo azul es el que se refleja con mas fuerza. En efecto, cuanto mas gruesa es la capa atmosférica que atraviesa un rayo de luz, mas se nota la desaparicion de los rayos azules y la preponderancia de los rayos rojos: cuando el Sol está próximo al horizonte, los rayos atraviesan mayor cantidad de aire, y en este caso el astro se nos presenta rojo, purpúreo ó dorado. Se observa tambien que faltan á veces los rayos azules en los arco-iris que aparecen poco tiempo antes de ponerse el Sol.

Mas adelante veremos que el vapor de agua repartido en la Atmósfera es el que hace el principal papel en esta reflexion de la luz, á la que se debe el azul del cielo y la luz difusa del dia.

Hace muy poco tiempo, el sábio profesor inglés, John Tyndall, acaba de reproducir el color azul del cielo y las tintas de las nubes en un experimento hecho en el Instituto Real. Se introduce en un tubo de vidrio vapor de diversas sustancias, bien de nitrito de butilo, bien de benzina, bien de sulfuro de carbono; despues se hace que le atraviere un haz de luz eléctrica, aumentando á voluntad la condensacion ó el enrarecimiento de los vapores. Cualquiera que sea la naturaleza de estos, con tal que estén en un estado suficiente de tenuidad, la reflexion de la luz se manifiesta al principio por la formacion de una nube de color azul celeste. La nube de vapor, despues de haber presentado el color azul, se condensa, blanquea y acaba por espesarse y asemejarse por completo á las verdaderas nubes, ofreciendo á la polarizacion las mismas variaciones de fenómenos.

El aire atmosférico es uno de los cuerpos mas transparentes que se conocen; cuando no está cargado de nieblas ú oscurecido por otros cuerpos, podemos ver los objetos colocados á una gran distancia; las montañas no desaparecen á nuestra vista sino cuando están debajo del horizonte; pero á pesar de su débil poder absorbente no es el aire sin embargo completamente diáfano. Sus moléculas absorben una porcion de la luz que reciben, dejan pasar otra y reflejan la tercera: hé aquí la razon porque originan una bóda aparente, alumbran los objetos terrestres que no están directamente alumbrados por el Sol, y permiten una transicion entre el dia y la noche.

Observaciones diarias permiten demostrar la disminucion de la luz solar durante su paso al través de la Atmósfera. Si se observa durante muchos dias un mismo objeto situado cerca del horizonté, se demuestra que unas veces es mucho mas visible que otras. La distancia á que los objetos dejan de ser visibles es mayor ó menor; para convenirse de ello se pueden hacer medidas distintas, y espresar

la transparencia del aire por medio de números, como ha hecho de Saussure por medio de su *diafanómetro*.

La distancia á que desaparecen los objetos no depende únicamente del ángulo visual sino del modo con que están alumbrados y del contraste que su color hace con los que les rodean. Esto explica por qué son visibles las estrellas sobre la bóveda del cielo no obstante su pequeño diámetro. Lo mismo sucede con los objetos terrestres: se distingue con trabajo un hombre cuando se proyecta sobre el terreno ó sobre superficies negruzcas; pero es muy visible cuando está colocado sobre una altura, de modo que se proyecte sobre un cielo luminoso; de esto proceden las ilusiones de óptica tan frecuentes en los países montañosos. Así es que mientras la cordillera de los Alpes mirada desde el llano á una gran distancia se percibe con claridad en sus menores detalles, el espectador colocado en una de sus cúspides no distingue casi nada en la llanura. Todo el que ha pasado algunos meses en los lagos y las montañas de Suiza ha hecho las mismas observaciones acerca de la posibilidad de distinguir los objetos.

Para medir la intensidad del color azul ha inventado de Saussure el *cyanómetro*, que se compone sencillamente de una tira de papel dividido en 30 rectángulos, el primero de los cuales es azul de cobalto intenso, y el último casi blanco; los rectángulos intermedios ofrecen una degradación de todas las tintas imaginables entre uno y otro de estos extremos. Si se encuentra que el azul del cielo es idéntico al de uno de los rectángulos, se explica esta identidad por un número correspondiente á aquel rectángulo y todo se reduce á arreglar la escala del instrumento.

Humboldt ha perfeccionado el aparato de Saussure y le ha puesto en estado de apreciar con mucha exactitud la intensidad del color azul. (Se puede recordar con este motivo la broma de Lord Byron que proponía servirse de este aparato para apreciar el valor exacto de las *medias azules*) (1).

(1) La frase *bas bleu* que traducida literalmente quiere decir *media azul* se aplica en Francia á las mujeres que presumiendo de eruditas se

Solo con mirar al cielo se observa ya que su color no es el mismo en todos los puntos de una misma vertical; ordinariamente es mas oscuro en el zenit y se aclara hácia el horizonte, donde por lo comun es completamente blanco. El contraste se hace mas marcado aun haciendo uso del *cyanómetro*. Asi es que algunas veces se vé que en las intermediaciones del zenit el color corresponde al núm. 23 y al núm. 4 cerca del horizonte. El color de la misma parte del cielo cambia tambien con bastante regularidad durante el dia; se oscurece desde el amanecer hasta medio dia y se aclara desde el medio dia hasta el anochecer. En nuestros climas el cielo tiene el color azul mas oscuro, cuando despues de una lluvia de muchos dias, le despeja el viento.

El color del cielo se modifica tambien por la combinacion de tres tintas. El azul que reflejan las partículas de aire; el negro del espacio infinito, que forma el fondo de la Atmósfera y el blanco de las vesículas de niebla y de los copos de nieve que están suspendidos en las alturas. Cuando nos elevamos á bastante altitud en la Atmósfera dejamos debajo de nosotros una gran parte de estas vesículas de vapor. Llegando, pues, á nuestra vista los rayos blancos en menor cantidad, y habiendo en el cielo menos partículas que reflejen la luz, su color se hace azul mas oscuro. «A mas de 3 000 metros de altura, el cielo aparece oscuro é impenetrable, decia yo en una comunicacion (julio de 1868) al Instituto relativa á mis estudios meteorológicos hechos en globo; su color es de un gris azulado oscuro en las regiones próximas al zenit; azul colbato en la zona que se eleva 40° ó 50° y azul cada vez mas claro conforme se aproxima al horizonte. La oscuridad del cielo superior es proporcional á la sequedad de la Atmósfera. Cuando ésta se halla muy pura, parece que se interpone un velo azul transparente y muy ligero, entre la barquilla y las coloraciones intensas de la superficie terrestre.»

De Saussure afirma, apoyándose en el dicho de los

ocupan de trabajos literarios y á las cuales se llama en español *marisabilldias*. El dicho de Lord Byron es por consiguiente intraducible.

(N. del T.)

guias que es cierto que algunas veces se ven las estrellas durante el día desde la cima del Monte Blanco.

La naturaleza del suelo ejerce una influencia muy grande en estos efectos de reflexion y de transparencia atmosférica.

En las regiones en que hay vastas superficies casi desnudas de vegetacion, como sucede en una gran parte del Africa, el aire está muy seco y pierde parte de su transparencia, sobre todo á causa del polvo que lleva el viento y de la falta de grandes lluvias que limpien la Atmósfera. En otras partes de la zona intertropical, en el Atlántico, en el continente americano, en las Islas del Mar del Sur y en ciertas regiones de la India, el vapor de agua en estado de gas transparente está mezclado con abundancia en el aire y en vez del color gris azulado que tiene en nuestros climas y en los desiertos de arena, presenta una tinta azul de cobalto vigorosamente marcada que le da un carácter especial, en la region del zenit y á veces hasta en el horizonte.

Siendo la superficie curva que limita la Atmósfera paralela á la de la Tierra, y siendo su espesor casi nulo, comparado con la masa del esferóide terrestre podemos admitir que el plano de la porcion de Atmósfera que podemos abarcar con la vista, es sensiblemente paralelo al horizonte. Si el Sol estuviese en el zenit, sus rayos recorrerian para llegar hasta nosotros el camino mas corto; cuanto mas se aproxima el Sol al horizonte mas considerable se hace el espacio aéreo que sus rayos tienen que atravesar y por consiguiente mas se amortigua el esplendor de estos rayos. Esto se vé todos los dias: la luz del Sol ó de la Luna al pasar el astro por el meridiano es deslumbradora, mientras que el mismo Sol puede mirarse á simple vista cuando está próximo al horizonte. Esta es la razon por qué las regiones bajas del cielo aparecen siempre sin estrellas.

El color del cielo se esplica, pues, por la reflexion de la luz sobre las moléculas de vapor de agua invisiblemente diseminadas en el aire. ¿Cómo esplicaremos ahora la forma de bóveda rebajada que presenta el cielo nublado ó limpio de toda especie de nubes?

Yo me esplico este rebajamiento de la bóveda del cielo por un simple efecto de perspectiva.

Supongamos que estamos enfrente de una calle de chopos de igual altura. Todo el mundo sabe que esta altura se presenta cada vez menor segun la distancia, y que los chopos del final de la calle llegaran á aparecer confundidos en la misma superficie del suelo. Los piés de estos árboles quedan en una superficie horizontal porque estamos en el suelo; y la inclinacion hácia el suelo se verifica *por la línea superior*.

Si por el contrario estuviéramos colocados sobre el primer árbol, las copas quedarian al nivel de nuestra vista y la disminucion perspectiva tendria lugar *por la parte de abajo*.

El mismo razonamiento puede aplicarse á las nubes. A partir de las que están en nuestro zenit, en la vertical que pasa por nuestras cabezas, van apareciendo mas bajas progresivamente segun sus distancias hasta el horizonte.

Cuando en un globo se ha subido por cima de las nubes, no se las vé bajarse como una bóveda sobre la Tierra, sino extenderse á lo léjos como la superficie plana de un inmenso océano de nieve.

Cuando se llega á una altura de pocos kilómetros sobre ellas, se las vé encorvarse en sentido contrario.

Cuando el cielo está claro, la superficie de la Tierra, vista de una gran altura aparece cóncava debajo de la barquilla y se eleva lentamente por todas partes hasta el horizonte circular. Lejos de aparecer bombeada como podria esperarse, suponiendo que desde una gran altura en la Atmósfera pudiera percibirse ya la esfericidad del planeta, la superficie del suelo, se ahonda bajo nosotros para elevarse hasta el horizonte que se presenta constantemente á la altura de nuestra vista. Esta ilusion se esplica de la misma manera que la precedente. Supongamos que un ciento de globos están *cantivos* cada uno por medio de un cable á igual altura, (por ejemplo á 1 000 metros) y que estamos en el primero de la fila formada de este modo. Todos ellos aparecerán á la altura de nuestra vista; pero las líneas que los unen con la Tierra irán disminuyendo de

longitud aparente segun la distancia á que se hallen de nosotros. El cable situado á dos kilómetros nos parecerá la mitad mas corto que el situado á un kilómetro; y seria *por la parte de abajo* por donde disminuirian las longitudes, puesto que todos los globos estarian al nivel de nuestra vista; y como el razonamiento es aplicable cualquiera que sea la direccion en que se observe, se deduce que la superficie visible de la Tierra entera se eleva aparentemente por la perspectiva hasta el plano horizontal que pasa por los ojos del observador.

Este aspecto de la Tierra, formando una concavidad, me sorprendió extraordinariamente la primera vez que le observé en globo, porque á la altura á que me hallaba, creia que la veria, por el contrario, convexa.

El rebajamiento de la bóveda aparente del cielo encima de nuestras cabezas es, pues, un efecto de perspectiva, tanto mas fácil de esplicar cuanto que nuestra vista no aprecia las longitudes verticales del mismo modo que las horizontales. Un árbol de 15 metros de altura, nos parece mas largo echado que de pié: una torre de 100 metros de elevacion nos pareceria mucho mayor estendida en el suelo de lo que nos parece perdida en los aires. Teniendo costumbre de andar y no de elevarnos, apreciamos las longitudes en su justo valor, al paso que las alturas se escapan á nuestra apreciacion directa.

De esta forma aparente de la bóveda celeste resulta que las constelaciones nos parecen mucho mayores hácia el horizonte que en el zenit, (ejemplo, la Osa mayor cuando se hace casi tangente al horizonte y Orion cuando sale) y que el Sol y la Luna presentan un disco mas estenso al salir y al ponerse que en el momento en que están mas altos.

Tambien resulta que nos equivocamos constantemente en la evaluacion directa de la altura de los astros sobre el horizonte. Una estrella que tiene 45° de altura, es decir, que está en el punto medio de su camino entre el horizonte y el zenit nos parece mucho mas alta, y cuando enseñamos una estrella que se nos presenta á 45° , es casi seguro que no está mas que á 30° .

Los tratados modernos de fisica y meteorología no se

ocupan de esta cuestion curiosa del aspecto del cielo. En algunas obras de los siglos XVII y XVIII se ha discutido, pero mas bien bajo un aspecto filosófico que para dar una esplicacion puramente geométrica. Despues de un gran debate entre Malebranche y Régis acerca de este asunto, le examinó Robert Smith en su óptica (1728) deduciendo que el diámetro horizontal de la bóveda celeste debe parecernos seis veces mayor que el diámetro vertical. Este fisico opina que «nuestra vista no alcanza distintamente mas que hasta el punto en que los objetos forman en nuestro ojo un ángulo de la ochomiláva parte de una pulgada de modo que todos los objetos se rebajan para nosotros has-

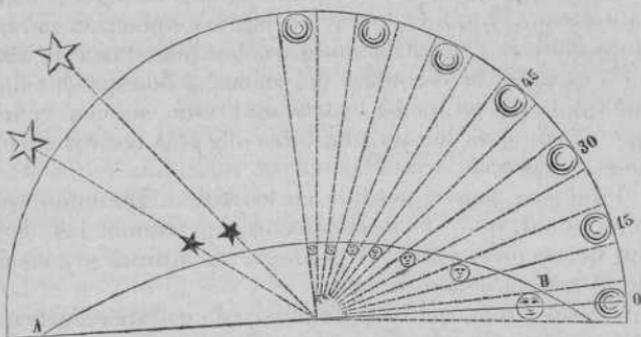


Fig. 10.—Esplicacion de la bóveda aparente del Cielo y de sus efectos.

ta el horizonte á la distancia de 25 000 pies ó 1 legua y dos tercios.» Voltaire en su edicion de la *Filosofia de Newton* y en su *Diccionario filosófico* desarrolla este asunto tan controvertido. «Las leyes de la óptica, dice, fundadas en la naturaleza de las cosas, han dispuesto que desde nuestro pequeño globo veamos constantemente el cielo material como si fuésemos su centro, aunque estemos muy lejos de serlo: que le veamos siempre como una bóveda re-

bajada, aunque no haya otra bóveda que la de la Atmósfera que no es seguramente rebajada.

Que veamos siempre los astros girando en esta bóveda y como en un mismo círculo, aun cuando solo los planetas son los que marchan como nosotros en el espacio;

Que nuestro sol y nuestra luna nos parezcan siempre un tercio mayores en el horizonte que en el zenit aun cuando estén mas próximos al observador en el zenit que en el horizonte.»

Despues trazando una curva análoga á la de la figura, añade:

«Hé aquí la proporcion en que el Sol y la Luna deben presentarse en la curva *AB* y el modo con que los astros deben aparecer mas próximos unos á otros en la misma curva.

Tales son las leyes de la óptica, tal la naturaleza de nuestros ojos, que el cielo material, las nubes, la luna, el sol que está tan lejos de nosotros, los planetas que están aun mas lejos, las estrellas colocadas á distancias todavía mas inmensas, cometas, meteoros, todo se nos aparece como si estuviera en esta bóveda rebajada constituida por nuestra atmósfera.

Para complicar menos esta verdad, observemos solamente el sol, que al parecer recorre el círculo *AB*. En el zenit debe parecernos mas pequeño que quince grados mas bajo; á treinta grados aun mayor y por último en el horizonte mayor todavía; de tal modo que sus dimensiones en el cielo inferior decrecen en razon de sus alturas en la progresion siguiente:

En el horizonte.	100
A quince grados.	68
A treinta grados.	50
A cuarenta y cinco grados.	40

Sus magnitudes aparentes en la bóveda rebajada son como sus alturas aparentes; y lo mismo sucede con la luna y con un cometa. Si observamos dos estrellas que se hallen á una distancia prodigiosa una de otra y á diversa profun-

didad en la inmensidad del espacio se nos aparecerán como colocadas en el mismo círculo que aparentemente recorre el Sol. Las vemos en el círculo exterior á mayor distancia; y en el interior mas próximas una á otra, precisamente por las mismas leyes.»

Voltaire no se tomó el trabajo de explicar la causa de esta apariencia. El matemático Euler, en sus «Cartas á una princesa de Alemania» (1762) consagra muchos capítulos á esta explicacion, que puede resumirse en pocas palabras: 1.º la luz de los astros que se encuentran hácia el horizonte está muy debilitada, porque sus rayos tienen mucho mas camino que recorrer en nuestra baja Atmósfera, que cuando se encuentran á cierta altura; 2.º siendo menos luminosos los suponemos mas distantes; porque nos parecen mas próximos los objetos mejor alumbrados; ejemplos: un incendio, una luz por la noche, nos parecen mas cerca de lo que están; todo el arte de la pintura que representa una perspectiva en una tela plana, está fundado en la degradacion de tintas: 3.º este alejamiento aparente de los objetos celestes que están cerca del horizonte, origina la idea de la bóveda rebajada del cielo.

La gradacion lógica de estos dos últimos puntos parece inversa de la teoría que hemos espuesto antes. Sin embargo puede verse que estos dos hechos no se derivan uno de otro sucesivamente sino que son simultáneos en nuestra observacion. La perspectiva se debe á la distancia y á la disminucion de la luz, y explica perfectamente la forma aparente que presentan las capas atmosféricas y las diferencias de la magnitud de los astros segun su altura sobre el horizonte. Es un doble efecto de perspectiva lineal y de perspectiva aérea.

Por estos efectos múltiples de la luz, se explican las fases del dia en la superficie de nuestro planeta, el aspecto variable del cielo, y la diversidad óptica de la Atmósfera segun los sitios y las horas.

No apreciamos ni la hermosura ni la importancia práctica de la luz difusa, porque estamos acostumbrados á servirnos de ella constantemente; pero una permanencia de algunas horas en nuestra vecina la Luna bastaria para de-

mostrarnos la inmensa distancia que separa un dia atmosférico de un dia sin aire.

Segun decia J. B. Biot, en una imágen sumamente exacta, el aire es alrededor de la Tierra una especie de velo brillante, que multiplica y propaga la luz del Sol por una infinidad de repercusiones. Por él comienza el dia cuando aun el Sol no aparece en el horizonte. Una vez que el astro se ha elevado del horizonte, no hay sitio por retirado que sea donde pueda penetrar el aire, que no reciba algo de luz aunque los rayos del Sol no lleguen á él directamente. Si la Atmósfera no existiera cada punto de la superficie terrestre no tendria mas luz que la que recibiera directamente del Sol. Cuando se dejase de mirar este astro ó las objetos iluminados por sus rayos, se encontrarían inmediatamente las tinieblas: imposible vivir en este mundo que no podria tener ciudades ni habitaciones! Los rayos solares reflejados por la Tierra irían á perderse en el espacio y siempre haria un frio intenso. El Sol aun cuando estuviera próximo al horizonte brillaria con toda su luz, y apenas se pusiera, nos dejaria sumidos en una oscuridad absoluta. Por la mañana, cuando aquel astro apareciese en el horizonte, el dia sucederia á la noche con igual rapidez.

El extraño efecto de la falta de Atmósfera seria mas completo y mas pasmoso si nos fuera dable trasportarnos á nuestro satélite. Comparemos el risueño espectáculo que nos ofrece la Tierra, cubierta en parte de su húmedo y ondulado manto y surcada por sus innumerables rios, comparemos este espectáculo al aspecto tétrico de la Luna, con su suelo de piedra ó de metal, destrozado, hendido y tan profundamente alterado en sus estensos desiertos montañosos, con sus volcanes apagados y sus picachos, parecidos á gigantescos mausoleos; con su cielo oscuro, inmutable y sin forma, en el cual se ven dia y noche estrellas sin titilacion, el Sol y la Tierra. Allí los dias son una especie de noches alumbradas por un sol sin rayos: no hay aurora por la mañana, ni crepúsculo por la tarde. Las noches son completamente oscuras. Las del hemisferio lunar vuelto hácia nosotros están alumbradas por la *claridad de la tierra* cuyo cuarto creciente corresponde á la puesta del sol, la

tierra llena á la media noche y la tierra nueva al alba. Por el dia los rayos solares se quiebran y se rompen en las cortantes aristas, y en las puntas agudas de las rocas, ó se detienen en los ásperos bordes de sus abismos, dibujando aquí y allá extravagantes figuras negras de cortados y angulosos contornos, é hiriendo solo las superficies espuestas á su accion para reflejarse y perderse inmediatamente en el espacio como sombras fantásticas que se levantáran en medio de unas catacumbas eternamente mudas y silenciosas.

Nada mas triste que *el dia en la Luna*. En un paisaje tomado de la Luna en medio de la region montañosa de Aristareo no puede haber mas que blanco y negro. Las rocas reflejan pasivamente la luz del sol; los cráteres están parcialmente sepultados en la oscuridad; fantásticos obeliscos se elevan como eternos fantasmas en este cementerio de hielo; la falta de Atmósfera hace que el negro espacio de un cielo estrellado domine constantemente aquel lúgubre espectáculo, que no tiene en la tierra, por fortuna nuestra, nada que pueda comparársele. ¡Qué contraste tan marcado entre esto y el dia en la Tierra, lleno de colores, de animacion y de vida por virtud de la existencia de la Atmósfera!

CAPITULO II.

LA TARDE.

La luz, que forma por su poder y por sus efectos este magnífico mundo atmosférico en cuyo seno vivimos, origina variaciones que se oponen constantemente á la uniformidad. La blancura de los rayos luminosos oculta en su seno todos los colores y todas las tintas, y la atmósfera no solo baña los paisajes terrestres por la *reflexion* múltiple de la luz en todos sentidos, sino que descompone tambien esta luz por la refraccion, y derrama sobre nuestro planeta, el vistoso ornamento de un cielo que varía á cada paso, y de una continua sucesion de aspectos ya risueños ó ya sombríos.

Cuando un rayo de luz pasa de un medio trasparente á otro, experimenta una desviacion ocasionada por la diferente densidad de ambos medios. Al pasar del aire al agua el rayo se acerca á la vertical porque el agua es *mas* densa que el aire. Un baston sumergido en el agua parece que se tuerce en la superficie y que la parte sumergida se aproxima mas á la vertical (1). Lo mismo sucede con un

(1) El autor omite decir que para el experimento debe estar el baston oblicuo respecto de la superficie líquida; de otro modo el fenómeno no se puede observar, y lo mismo sucede en el cambio de direccion en general de los rayos luminosos al refractarse: para que haya refraccion el rayo debe ser oblicuo á la superficie refringente. Un baston sumergido

rayo que pasa de una capa superior de aire á otra inferior, puesto que segun hemos visto, las capas de aire inferiores son mas densas que las superiores.

Los rayos de diversos colores, cuyo conjunto produce la luz blanca no son todos igualmente *refrangibles*, de lo cual resulta que al salir de un prisma despues de haberle atravesado, estos rayos se encuentran desviados de su primitiva direccion proporcionalmente á su refrangibilidad, y que la luz blanca se descompone en sus elementos constitutivos.

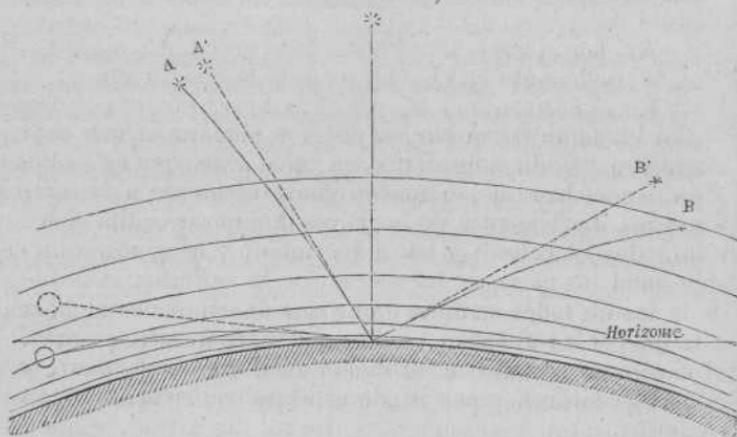


Fig. 11. - Refracción atmosférica.

Al refractar la luz, el aire produce dos efectos distintos. Por una parte encorva hasta la Tierra los rayos que proceden de los astros exteriores á la atmósfera, de modo que

en el agua perpendicularmente á su superficie, se vé mas corto, porque la refracción hace que su extremo aparezca mas cerca de aquella; pero no se vé torcido.

(N del T.)

vemos el sol, la luna, los cometas, los planetas y las estrellas mas *altos* de lo que están en realidad. Por otra parte egerce una separacion mayor ó menor, segun su estado de transparencia y de densidad entre los diversos rayos constitutivos de la luz.

El primer efecto produce los crepúsculos; el segundo les dá esta suave y vacilante hermosura que se observa en las tardes serenas.

La refraccion es tanto mayor cuanto mas oblicuamente atraviesan la atmósfera los rayos. Las observaciones astronómicas serían todas falsas en cuanto á la posicion de los astros, sino se hiciera la correccion correspondiente á este efecto.

Asi por ejemplo la estrella A se vé en A'; el astro B en B'; solamente en el zénit es nula la desviacion.

En el horizonte el sol y la luna aparecen por la refraccion á una altura que escede á la verdadera en una cantidad igual al diámetro del astro, de manera que en realidad están aun bajo el horizonte cuando ya los vemos nosotros encima de él. Salen antes del momento astronómico de su orto y se ponen despues del momento astronómico de su ocaso (1).

Resulta de esta elevacion que se pueden ver al mismo tiempo el sol al Oeste y la luna al Este en el momento del plenilunio, y hasta *un eclipse de luna cuando el sol esté aun sobre el horizonte*, por mas que el globo terráqueo esté en aquel instante precisamente entre los dos astros, y que astronómicamente estén ambos bajo el horizonte. La refraccion es la que los eleva. Esta curiosa circunstancia se ha observado en los eclipses de luna del 16 de junio de 1666 y del 26 de mayo de 1668 (2).

Por la misma desviacion de los rayos luminosos, el sol y la luna parecen aplanados al salir y al ponerse, porque la refraccion obra segun la vertical y disminuye el diáme-

(1) Véanse en el Apéndice (nota III) el detalle y la tabla de las refracciones astronómicas.

(2) El 12 de julio de 1870 he podido verificar el mismo hecho en Paris. La luna entró en la penumbra á las 7h 45' de la tarde, y el sol no se puso hasta 5 minutos despues. Es indispensable agregar que era preciso

tro aparente del astro, cuyos rayos atraviesan las capas atmosféricas.

La duracion del dia está, pues, aumentada y la de la noche recíprocamente disminuida por esta elevacion del sol. Por esta razon en París el dia mas largo del año es de 16 horas 7 minutos y el mas corto de 8 horas y 11 minutos en lugar de ser de 15 horas 58 minutos y de 8 horas 2 minutos que es su duracion astronómica. Los dias, pues, aumentan en París 9 minutos por esta influencia en las épocas de los solsticios; en los equinoccios no aumentan mas que 7 minutos. En el polo boreal, aparece el sol en el plano del horizonte, no cuando llega al equinoccio de primavera, sino cuando su declinacion boreal no es próximamente mas que de 33 minutos; y desde entonces queda visible hasta la época en que habiendo pasado por el equinoccio de otoño, ha adquirido una declinacion austral de mas de 33 minutos. Se tiene cuidado de introducir esta accion de la Atmósfera en los cálculos de los ortos y ocasos del sol que se insertan en los almanaques.

Hemos visto ya (pág. 25) que la Atmósfera refleja los rayos del sol despues de la postura y antes de la salida del astro, y que nos produce de este modo la aurora y el anochecer.

La longitud del crepúsculo es un elemento que conviene conocer bajo diferentes aspectos. Depende de la cantidad angular que el sol baja del horizonte; pero se modifica además por otras muchas circunstancias, la principal de las cuales es el grado de serenidad de la Atmósfera. Inmediatamente despues de la puesta del sol, la curva que forma la separacion entre la capa atmosférica directamente iluminada y la que lo está solo por refraccion aparece en el Oriente cuando el cielo está muy puro: se la llama *curva crepuscular*. Esta curva asciende á medida que el sol baja, y algun tiempo despues de la puesta del sol atraviesa de Oriente á Occidente la region zenital del cielo: esta época

estar prevenido del hecho para distinguir la presencia de la sombra de la Atmósfera terrestre sobre el disco que presentaba la Luna al salir, tan rojo como el sol poniente.

forma el fin del *crepúsculo civil*, y es el momento en que los planetas y algunas estrellas de primera magnitud empiezan á aparecer. Completamente privada de la luz emitida por el sol la mitad oriental del cielo, empieza la noche para todas las personas que se encuentran en habitaciones cuyas ventanas miran al Este. Mas tarde la curva crepuscular desaparece en el horizonte occidental; entonces termina el *crepúsculo astronómico* y se hace noche cerrada. Puede admitirse que el crepúsculo civil termina cuando el sol ha descendido 8° por bajo del horizonte y que es preciso un descenso de 18° para que llegue el fin del crepúsculo astronómico.

Los fenómenos crepusculares se desconocen casi por completo en los trópicos. Allí el día nace de repente y la oscuridad sucede casi sin transición á la luz. Esta observación se ha hecho por Bruce en el Sennaar donde sin embargo el aire es tan trasparente que en pleno día se distingue el planeta Vénus. En el interior de Africa la noche sigue casi inmediatamente á la puesta del sol. En Cumana, dice A. de Humboldt, el crepúsculo apenas dura algunos minutos, no obstante ser la Atmósfera mas alta en los trópicos que en las demás regiones.

Pueden verse en el Apéndice las longitudes del crepúsculo civil y del crepúsculo astronómico en Francia para las diversas estaciones y para el día 15 de cada mes. Agregando esta duracion á la hora de la postura del sol, se tendrá la época en que termina cada uno de los crepúsculos: restándola de la hora de la salida se tendrá la época de su principio. La Francia está comprendida desde los Pirineos á Dunkerque entre el grado 42° y el 51° de latitud. Se vé que aun en esta pequeña distancia, las horas cambian sensiblemente en los diferentes departamentos de nuestro país (1).

El crepúsculo civil mas pequeño (34 minutos en París) se verifica hácia el 29 de setiembre y hácia el 15 de Marzo; el mayor (44 minutos en París) hácia el 21 de junio. El crepúsculo astronómico mas corto (1 hora y 33 minutos en

(1) Véase la nota IV al fin del tomo.

París) cae en 7 de octubre y en 6 de marzo, el mayor dura 2 horas y 36 minutos y se verifica en el solsticio de verano.

Mas allá del grado 50 de latitud el crepúsculo astronómico dura toda la noche en el solsticio de verano (1).

En los países cálidos, la presencia de humedad en el aire no tiene por únicos efectos dar al cielo durante el día el color oscuro de azul cobalto y hacer desarrollar por medio de los rayos solares el poder vital; tambien egerce su acción para unir á las mil maravillas de la naturaleza del Ecuador efectos de luz de una gran hermosura en las salidas y posturas del astro rey. La postura sobre todo ofrece espectáculos de una magnificencia imposible de describir; la superioridad que bajo este aspecto presenta sobre la salida del sol se debe á la presencia de humedad en el aire. Por la tarde esta es mas abundante despues del calor del día, que por la mañana, porque á esta hora está condensada en parte bajo la forma de rocío á consecuencia del fresco de la noche.

No es tampoco en los continentes donde se observan las mas hermosas posturas del sol. Sin embargo; en tierra el gris azulado de las montañas remotas, las tintas rosadas ó violáceas que presentan en conjunto las colinas mas próximas segun su distancia, los tonos cálidos del sol, se armonizan de un modo maravilloso, cuando el astro acaba de desaparecer en el horizonte, con el oro palpitante del Poniente, con las tintas rojas ó rosadas que aparecen mas arriba en el cielo, con el azul oscuro del zenit y con el color mas oscuro aun y á veces verdoso que por un efecto de contraste se percibe en el lado de Levante. En las regiones equinocciales estas tintas suaves y desvanecidas, que se unen á la variedad de las formas del terreno y á la riqueza de la vegetacion, dan imágenes mas magníficas que las de nuestros climas. Unas veces nubes rosadas y ligeras, otras nubes mas densas riveteadas de color rojo de cobre produ-

(1) En Madrid el crepúsculo astronómico mas corto es de 1 hora y 31 minutos y cae hácia el 15 de octubre, y el mas largo, que cae hácia el 15 de junio, es de 2 horas y 6 minutos.

cen efectos particulares que se asemejan á las puestas del sol de nuestras regiones; pero cuando el cielo está claro, las tintas se diferencian enteramente de las que se observan en la zona templada, y presentan un carácter especial. Algunas veces las crestas de las montañas situadas en el horizonte, ó nubes invisibles, interceptando una parte de los rayos solares, que despues de la puesta del sol llegan todavía á las altas regiones de la atmósfera, presentan el curioso fenómeno de los rayos crepusculares. Se ven entonces partir del punto en que se ha puesto el sol una serie de rayos divergentes que se estienden á veces hasta 90 grados, y que en algunas ocasiones se prolongan hasta el mismo punto anti-solar. «En el Océano, dice M. Liais, cuando cerca del Ecuador el cielo está puro en la parte visible y los rayos divergentes se mezclan á los arcos crepusculares, los juegos de luz se hacen tan brillantes y toman tales proporciones que desafian á toda descripción y á toda representación en un cuadro. ¡Cómo pintar, en efecto, de un modo satisfactorio las tintas rojizas y rosadas del arco cortado por los rayos crepusculares que rodean el segmento del horizonte, fuertemente iluminado aun con un amarillo de oro deslumbrador! ¡Cómo pintar la tinta de un azul inimitable, distinto del que tiene en medio del día, que ocupa la porcion de cielo comprendida entre el azul ordinario, pero oscuro, del zenit y el arco crepuscular. A todo este esplendor del cielo occidental habría que añadir, la descripción de aquel fuego reflejado en la superficie de las aguas agitadas por el viento alisio, el color azulado negroceo del mar en el Oriente, y la espuma blanca de las olas, que destaca sobre este fondo oscuro el arco rosa pálido del cielo oriental y el segmento sombrío y verdoso del horizonte.»

¡Qué espectáculo mas sublime que una postura del sol en el Océano!

Los centelleantes fuegos que coronan la inmersión del astro rey en la púrpura de las tardes, son á veces mas patéticos aun que la misma escena de la puesta del sol.

¿Quién de nosotros no ha admirado en los campos de la hermosa Francia, en medio de las verdes praderas ó en

los descampados de los bosques ciertas tardes de verano ó de otoño el dulce espectáculo de la pausada y silenciosa postura del sol? El brillante astro descende al nivel de la llanura; una ligera brisa trasporta los agrestes perfumes; algunas nubes diáfanas estienden bajo el cielo sus doradas gasas; los últimos pajarillos vienen á buscar sus nidos para recogerse durante la noche, una granja situada en medio del paisaje, parece bajo el manto de esta tibia luz, el asilo de la paz y de la felicidad. Por sencillos que sean estos cuadros, por familiares que los haga á nuestros ojos su constante renovacion, no podemos menos de admirar que un solo efecto de luz sea capaz de desarrollar, como una varita de virtudes, los mas espléndidos y los mas inimitables aspectos de la naturaleza. Pero acaso en las montañas son aun mas pintorescos estos efectos.

No hay descripcion que pueda indicar la maravillosa hermosura de algunos paisajes de los Alpes durante la tarde. Aquel es un mundo de grandeza y de suavidad, de severidad y de ternura, una singular reunion del poder magestuoso y de la suave delicadeza, un conjunto á la vez formidable y encantador, que se presenta á la vista fascinada, y que esta no puede comprender bien al principio. ¡Naturaleza! ¡Sublime naturaleza! ¡Qué escaso es el número de los que saben comprender tu lenguaje! Hay ocasiones en que los mas soberbios espectáculos pasan desapercibidos ante nuestros ciegos ojos, y hay otras en que el menor rayo de luz, hiriendo nuestra vista, nos pone de repente en comunicacion con la naturaleza, y nos permite entrever su hermosura al través de las fluctuaciones de los movimientos terrestres.... El dia del equinoccio de otoño de uno de estos últimos años (1868), habia yo estudiado los efectos de la puesta del Sol sobre las brillantes cimas del Jungfrau, del Eiger y del Monch (1). El astro del dia habia descendido lentamente detrás de la cordillera de Abendberg (montaña de la tarde), que limita al Sur el silencioso lago de Thun, y cuyas lejanas crestas

(1) Picos nevados de los Alpes Berneses (Suiza).

(N. del T.)

se destacaban sobre el pálido horizonte como inmensos dientes negros. Las tres montañas nevadas que acabo de nombrar eran las únicas que continuaban iluminadas á espaldas de un primer plano sombrío y ya nebuloso, y por un efecto singular de luz, los rayos oblicuos que iluminaban la Jungfrau la daban el aspecto de una montaña de la Luna, de uno de esos cráteres blancos circulares rodeados de una sombra negra y cortada. Doce minutos despues de haberse puesto el Sol en el llano de Interlaken, la punta mas elevada del Eiger perdió su blancura y se puso sonrosada: un minuto despues sucedió lo mismo en el Monch, y dos minutos mas tarde llegó su vez á la blanca Jungfrau, virgen bañada en el azul del cielo, que durante algun tiempo fue el único punto visible, coloreado con una suave tinta color de rosa pálido. Poco tiempo despues, los tres picos se iluminaron nuevamente y aparecieron brillantes y sonrosados. Y por último, y como si un genio maléfico hubiera pasado por las alturas de la Atmósfera, pareció que morian tristemente perdiendo sus cálidos y vivos tonos para cubrirse de una palidez sombría y verdosa semejante á la de un cadáver.

Habia asistido á esta postura del Sol, y desde mi observatorio improvisado en una colina cubierta de pinos habia vuelto á bajar al lago, siguiendo una senda que conduce á las ruinas de un vetusto castillo. Un puente de madera atraviesa el rápido y solitario rio Aar. Cerraba la noche. Los colosales cencerros, colgados del cuello de las vacas, esparcian á lo lejos las sonoras notas de su timbre pastoril. El agreste perfume de las plantas alpinas bajaba al llano en alas de una brisa imperceptible. Parecia que un inmenso recogimiento envolvía toda la naturaleza, y el paseante aislado en estas campiñas, recorría melancólicamente en su imaginacion la rápida y fatal sucesion de los dias, de las estaciones y de los años.

De repente, al volver una senda flanqueada de matorrales y de arbustos, se presentó á mi vista, detenida hasta entonces por este seto natural, el panorama entero del lago, del cañaverál, de los bosques, de las colinas, y en el fondo del paisaje, á lo lejos, á muchas leguas de distancia,

tres gigantes blancos que se empinaban hacia el cielo.

Si, como tres gigantes impassibles, el Fraile, el Aguila y la Virgen estaban allí silenciosos, con la frente enhiesta en las alturas y la cabeza coronada de nieves perpetuas, mirando á su alrededor la sucesion de las cosas efimeras, y dominándolo todo por su edad y por su elevacion. A su derecha aparecia una delgada parte de la Luna como un hilo de plata fluido y trasparente. Las estrellas mas hermosas empezaban á encenderse en el cielo... ¡Qué pintura, qué descripcion podria reproducir semejantes horas para el alma que no ha pasado por ellas! Solo la música, la suave melodía del pensamiento soñador podria volver á nuestro espíritu la impresion que ha desaparecido de él. *La Tarde* de Gounod tal vez podria despertar en el fondo del alma los sonidos que percibe la imaginacion solitaria en aquellos instantes en que el silencio de la naturaleza está tan lleno de elocuencia!

Hace mucho tiempo que se admira el espectáculo de la iluminacion de los Alpes. Una de las manifestaciones mas admirables es sin duda alguna la que se produce en el macizo del Monte Blanco, visto desde Ginebra.

Desde el momento en que se verifica el contacto del contorno inferior del Sol con las crestas del Jura hasta la desaparicion total de su contorno superior, para que se ponga en Ginebra, pasan por término medio 3 minutos y 15 segundos; lo menos 3 minutos, lo mas 3 minutos y medio. Cuando el astro ha desaparecido, el cielo, en el Oeste, cuando está puro, queda brillante y con una hermosa luz, blanca ó ligeramente teñida de una tinta amarillenta. Si hay nubes esparcidas, sus contornos, alumbrados aun, toman un vivo color de oro anaranjado ó rojo; pero en los intervalos que resultan entre las nubes, no toma estos colores y queda blanco, sin experimentar cambio notable, á no ser una disminucion en la intensidad de la luz.

Las sombras avanzan con rapidez por las laderas de las montañas, dice Necker de Saussure en una excelente descripcion de este efecto crepuscular: el calor de las tintas se desvanece; un color sombrío, uniforme y empañado las

reemplaza, y este paso rápido de un estado á otro tan distinto permite apreciar con exactitud en cada sitio el momento en que debe cesar su esposicion á la luz. Este ensanche progresivo del dominio de las sombras se presenta acompañado de un aumento aparente, producido por el contraste, en el brillo, la vivacidad y la coloracion de las partes alumbradas todavía. Entonces las nieves de las montañas lejanas y espuestas aun á la luz, tienen un vivo color amarillo anaranjado, y las rocas que no están nevadas una tinta rojiza. Cuando las estribaciones de los Alpes inferiores á las nieves perpétuas están enteramente en sombra, las rocas, y sobre todo las nieves de la cordillera central, toman una tinta mas intensa y mas rojiza; en las nieves es el rosado de la aurora, en las rocas tira un poco á gris. Iluminadas nieves y rocas por esta misma luz, no presentan un contraste brusco, ni demasiado notable; lejos de eso, los diversos matices se armonizan del modo mas gracioso. La parte del cielo en que se proyectan las montañas y que se eleva 3 ó 4 grados sobre el horizonte, tiene tambien un color ligeramente rojizo que aumenta en intensidad á partir de este momento.

Cerca de 23 ó 24 minutos despues de puesto el Sol, la sombra ha llegado á la cima mas baja de las nevadas en la cordillera central, la cúpula de nieve de Buet, que se eleva á 3 075 metros, y que dista 12 leguas de Ginebra: 3 minutos despues, ó 27 despues de la puesta del Sol, alcanza á la cumbre de la Aguja-Verde, á 4 080 metros de altitud absoluta. Entonces solo el Monte Blanco queda iluminado; y rodeado por todas partes de montañas sumidas en la sombra, aparece con una vivísima luz rojo-anaranjada, y á veces rojo de fuego como un carbon incandescente. En este instante parece un cuerpo extraño á la tierra. Un minuto mas tarde el Dôme-du-Gôûter, que forma parte de él, se oscurece; y por último, 29 minutos despues de la postura del Sol por el llano, se pone tambien para la cúspide del Monte Blanco, colocado á 4 815 metros de altura absoluta, y separado 15 leguas del espectador.

Desde el momento en que la sombra ha cubierto las cimas nevadas empezando por el Buet, se verifica en ellas

un cambio notable á medida que se oscurecen. Aquellos colores brillantes y animados, aquellos efectos tan armoniosos de luz y de coloracion que confundian las nieves y las rocas en una misma tinta rosada, variable solo por ligeras degradaciones, todo desaparece y es sustituido por un aspecto que se podria llamar verdaderamente cadavérico; porque nada hay que se aproxime tanto al contraste entre la vida y la muerte que se retrata en el rostro humano, como este tránsito de la luz del dia á la sombra de la noche en las altas montañas cubiertas de nieve. Esta se ofrece entonces á la vista con un color blanco empañado y lívido; las fajas y las puntas de las rocas que aparecen entre ella ó que la atraviesan, se presentan grises ó azuladas, y forman un contraste violento con la blancura mate de la nieve; los efectos desaparecen, los relieves se borran; se pierde el claro-oscuro, desaparecen las formas redondeadas. Las montañas se alisan y toman el aspecto de un muro vertical. Su tono general se hace tan frío y tan brusco como vivo y cálido era poco antes.

Este rápido tránsito de un estado á otro tan diferente, es el que hace de la puesta del Sol en la inmensa masa nevada del Monte Blanco, un espectáculo tan interesante, no solo para los extranjeros, sino aun para aquellos que, nacidos al pie de las montañas y acostumbrados á verle mucho tiempo, no se cansan jamás de admirarle.

Pero otro efecto de luz se verifica poco despues que aun presta nuevo interés á esta contemplacion. La parte del cielo próxima á las montañas, y sobre la cual se proyectan, tenia, segun antes hemos dicho, una tinta rojiza, y ha tomado despues de la decoloracion y el oscurecimiento de las montañas, un brillo cada vez mas vivo y un color cada vez mas rojizo. Si se continúa observando con atencion esta parte, se ve que uno ó dos minutos despues que la luz ha desaparecido de la cima del Monte Blanco, aparece en la parte inferior de este cielo rojo una zona horizontal azul oscura, muy estrecha al principio pero que aumenta rápidamente de amplitud, y que parece desalojar hácia lo alto los rojos vapores cuyo sitio va ocupando. Esta faja es la sombra que llega á las regiones mas elevadas de

la Atmósfera en los sitios colocados en lontananza detrás del Monte Blanco.

Por último, cuando la zona horizontal azul ha pasado de la cúspide del Monte Blanco, ó cuando han pasado por término medio 33 minutos despues que el Sol se ha puesto para la llanura, se ven las nieves colorearse de nuevo, y recobrar en cierto modo la vida; se ven las montañas tomar un nuevo relieve, y una tinta animada, un color naranjado otra vez aunque algo mas débil que antes de ponerse el Sol; se ven desaparecer los contrastes entre las rocas y las nieves, tomando las primeras tonos cada vez mas ardientes y mas amarillos y armonizándose de nuevo con las segundas. Este mismo efecto se produce poco á poco en las montañas mas próximas y continúa hasta la noche cerrada.

Por magnífica que sea la puesta del Sol en las montañas, creo que es mas magnífica aun en el mar. El astro abrasador desciende magestuosamente hasta la líquida llanura, y la inmensidad del mar responde al parecer á la inmensidad de los movimientos celestes.

La reflexion de la luz en las moléculas atmosféricas que constituye la suave y variable claridad estendida por el espacio aéreo, nos ofrece á todas horas un objeto de contemplacion renovado constantemente, porque da al mundo su adorno mas preciado y su mayor hermosura. Los planetas, que no tienen atmósfera, desconocen esta riqueza. Nosotros, que la poseemos, pasamos por regla general insensibles ante los mas magníficos espectáculos, sin dejar á nuestro pensamiento mecerse en las enagenaciones que nos ofrece á cada instante la contemplacion de la naturaleza.

En el seno de las mismas ciudades populosas, entre los muros vulgares y las alineadas calles de las poblaciones, hay á veces magníficos efectos de luz, á dos pasos de los boulevares, allí donde el hombre no los buscaría ciertamente. Tan pródiga y tan generosa es la naturaleza en la distribucion de sus dones. En ciertas ocasiones he sentido yo en París la misma impresion que en los Alpes ó en las nubes. Alguna vez al atravesar el Sena, á pesar de los vul-

gares omnibus y de los transeuntes atareados, me ha impresionado la radiacion lejana del Sol que proyecta detrás de los edificios su vacilante luz rojiza. Ciertas perspectivas no pueden menos de atraer nuestras miradas. El paseante que vaga por las riveras del Sena, al Este de la bullidora ciudad, por aquellos barrios desiertos que se encuentran, por ejemplo, próximos á la embocadura del canal, ve en el Oeste, delante de sus ojos y saliendo de las aguas, la elevada, imponente y grave silueta de Nuestra Señora, cuyas cuadradas torres dominan el espacio y cuya aguja penetra en el cielo. Mas al Sur apercibe, sobresaliendo de las mil techumbres en las alturas de Santa Genoveva, la media naranja del panteon, sostenida por su columnata, y que eleva al aire su bóveda pagana como un recuerdo de la Roma politeista. El rio desliza con lentitud su corriente hácia la basílica cristiana que encierra en el recinto de su isla, y poco á poco y con gran lentitud lleva sus aguas renovadas continuamente hácia el Oeste, hácia el mar donde todo se sepulta. Es difícil contemplar este panorama de París á la luz de la tarde sin advertir la gracia y la dulzura que derrama sobre todas las cosas la claridad atmosférica, cuyo etéreo fluido baña, acariciándolos, los contornos de aquellos vetustos edificios. Y sin embargo, en todo este panorama no hay mas que dos objetos notables: la iglesia de la edad media con sus recuerdos históricos; el monumento de la patria con su símbolo no realizado aun; pero este atavío general que les proporciona la luz atmosférica, estas olas que la vista y el pensamiento siguen vagamente hasta el Louvre, el silencio de estas regiones y hasta el monótono ruido de una esclusa, todo este conjunto ofrece en el mismo París á los que saben verlo, un espectáculo conmovedor de la naturaleza, un espectáculo fecundo en pensamientos sobre la duracion de las obras humanas, que contrasta con la efimera duracion de nuestra vida; la cual, semejante á las moléculas de agua del rio, no hace otra cosa sino descender continuamente hácia la muerte.

La postura del Sol va casi siempre acompañada de esas nubes que mas adelante distinguiremos con el nombre de *cúmulo-cirri*, y que presentan en París sobre el puente de

las Artes y hácia el Oeste aquellos aspectos del cielo, célebres por su hermosura. A causa de la curvatura de la Tierra, las nubes del mar que distinguimos desde París, están á 3 kilómetros de altura sobre el Océano, y están formadas de nieve y de hielo, aun en el mes de julio; las mas elevadas de estas nubes, ó las que el viento impele hácia nosotros, son las que producen esas variadas formas de montañas, de peces, de animales y de séres fantásticos que se admiran con tanto placer por las tardes, sobre el fondo del cielo brillante y matizado por todas las tintas que da la difraccion de la luz.

A las meditaciones que anteceden podemos añadir una observacion general y muy curiosa, relativamente á la influencia de la luz de la tarde en la construccion de las poblaciones. Las ciudades caminan hácia el Poniente. París, cuya cuna es la isla de la Cité, ha manifestado constantemente en sus ensanches sucesivos una tendencia marcada hácia el O. Hace 2 000 años París estaba en la vertiente Nordeste de la colina de Santa Genoveva, en que acaba de descubrirse un circo. Bajo los Merovingios, descende de ella y empieza su camino hácia el poniente: allí se forma la Cité: su meridiano es la única calle Norte-Sur que se llama Santiago al Sur y San Martin al Norte. Mas tarde se construyen el palacio de Justicia y la Santa Capilla. Sigamos marchando con los siglos. El Louvre y la Torre de Nesle vieron romperse la cadena de hierro que cerraba la capital por esta parte del rio y los Campos Elíseos desde la Magdalena á los Inválidos, han desarrollado al principio sus primitivos paseos. Despues se han formado el barrio de la Estrella y Passy. Hoy existe el bosque de Bolonia y el París elegante se estiende hasta Saint-Cloud. La clase rica tiene una tendencia marcada á marchar hacia el Oeste, abandonando el rumbo opuesto á las diversas industrias y á la clase trabajadora. Esta observacion se aplica no solo á París, sino á la mayoría de las grandes poblaciones: Londres, Viena, Berlin, San Petersburgo, Turin, Lieja, Tolosa, Montpellier, Caen, etc. y hasta Pompeya (1).

(1) Madrid no obedece á esta regla. Su ensanche ha tenido lugar en

¿De dónde procede esta tendencia? Un hecho tan general no puede ser obra de la casualidad. ¿Es el curso del Sena el que ha impulsado á París hácia el Oeste? No; el Támesis corre en sentido contrario, y Lóndres, como París, se ha agrandado hácia el Oeste. Hace doce años el doctor Junod (*Comptes rendus de l'Academie des Sciences*, 1858) ha procurado esplicar el hecho diciendo que el viento del Este es el que eleva mas la columna barométrica, que el viento del Oeste la rebaja mas, y ofrece el inconveniente de arrastrar consigo sobre los cuarteles orientales de las ciudades, gases deletéreos, de manera que la parte oriental de una ciudad sufre, no solamente su propio humo y sus miasmas, sino tambien los de la parte occidental. Puede, en efecto, admitirse que las ciudades se dirijan preferentemente hácia donde el aire es mas puro y hácia el lado de donde sopla con mas frecuencia.

Pero el viento no es el mismo en todos los paises, y por mi parte me siento muy inclinado á ver en este hecho un testimonio de la atraccion de la luz. La reflexion es muy sencilla. Es fácil observar que las gentes acomodadas van á pasear por la tarde y no por la mañana. ¿Hácia dónde iremos por la tarde cualquiera que sea el sitio en que estemos? Siempre hácia los hermosos espectáculos de el cielo de Poniente. Esta direccion general hace que se establezcan paseos, casas de campo, habitaciones de recreo, y poco á poco se estiende en este sentido la poblacion acomodada de las grandes ciudades (1).

todos sentidos durante mucho tiempo, y actualmente el principal se verifica hácia el N. E. en el barrio llamado de Salamanca, y hácia el N. en los de Pozas y Argüelles.

(N. del T.)

(1) Madrid, como hemos dicho antes, se estiende de preferencia hácia el Norte y el Este; pero en nuestra capital hay razones especiales que dificultan el ensanche en sentido del Poniente: el desnivel en aquel punto, la existencia del rio, y de una gran cantidad de terreno del patrimonio real (la Casa de Campo y la Moncloa), y por otra parte la circunstancia de venir el mayor abastecimiento de aguas por el Norte y los vientos reinantes por el Este, determinan el ensanche del modo con que se está verificando, sin que el ejemplo de la capital de España pueda oponerse por esto á la teoría general que establece Flammarion; antes bien, la existencia de los paseos reales hácia el Poniente parece confirmarla.

(N. del T.)

La naturaleza ejerce siempre sobre nosotros una influencia muda, pero irresistible. La composición química del aire, su estado físico, su transparencia, sus variaciones de luz y sombra, el viento, las nubes, la periodicidad de las mañanas y de las tardes, de los días y las noches, de las estaciones, de los años que cambian y se renuevan, todo lo que nos rodea, lo que nos alienta, lo que nos nutre, la tierra, el agua, las plantas, el suelo, la densidad de las sustancias que constituyen el planeta y nuestros propios cuerpos, la gravedad, el calor, las diversas fuerzas que mueven el mundo, en una palabra, todos los agentes de la naturaleza obran en nosotros sin cesar y sin que nos apercebamos de ello. Ellos han creado la organización de la vida en la Tierra y ellos la sostienen. Nosotros, como rebaños de parásitos diseminados en la superficie del planeta, somos conducidos en los ámbitos del cielo por una mano que no vemos, por un destino que no podemos conocer. Aquí todos nos agitamos, corremos á cual mas, luchamos en las batallas de la vida, nos movemos continuamente como las hormigas en los campos y en las calles de sus hormigueros; las demás especies animales trabajan como la especie humana; las plantas nacen, crecen, florecen, fructifican y mueren, y los objetos inanimados caminan tambien: el viento circula, el vapor de agua se eleva hasta las nubes, la lluvia cae, el rio baja al mar, y la Tierra misma corre con una velocidad de que no podemos hacernos idea..... ¿hacia dónde? ¿por qué? ¿Qué objeto tiene esta agitacion universal é incansable? Ignoramos el objeto y el fin de esta creacion incomprensible: lo único que vemos es que el movimiento perpetuo constituye la vida y la grandeza de la creacion. Es preciso que nos resignemos á no ver mas que la actualidad. Estudiémosla; es el mayor atractivo de la vida, estudiando esta naturaleza, de que somos hijos, aprenderemos positivamente á conocernos á nosotros mismos.

CAPITULO III.

LA NOCHE.

La paz profunda descende de los cielos, y se pierden á lo lejos los últimos ruidos del dia. La naturaleza calla y se encierra en un sublime recogimiento. Ya no están alumbradas las calles sombrías del bosque mas que por la vaga claridad del crepúsculo estendida por la atmósfera. El rui-señor entona su tierno é infatigable cántico de amor, que resuena en la soledad y vuela al empíreo en limpias y sonoras notas. Un hálito perfumado acaricia las colinas, y la transparencia del cielo no deja brillar aun en la penumbra mas que á Venus al Poniente y á Júpiter sobre nuestras cabezas. Esta es la hora, encantadora por escelencia, en que las fuerzas misteriosas de la naturaleza se adormecen al parecer, escitando las espansiones íntimas del jóven co-razon lleno de ardiente vida, en que se despierta la aspiracion hácia lo bello, hácia lo grande, hácia lo ideal. El mundo parece transformado por un instante. Ya no hay ruido, ya no hay agitacion, ya no hay mas trabajos ni mas combates tempestuosos entre los diversos séres. El Océano se convierte en lago y los paisajes presentan en medio de una tranquila dulzura el sendero apropiado para los paseos solitarios. ¡Oh noche pensativa y silenciosa, que llevas en tus sùtiles alas la movible fantasía y el olvido de las preocupaciones materiales! ¡Cuánto reconocimiento te deben aquellas almas que has mecido en los

enagenamientos celestes! ¡Qué de tiernos, profundos y sagrados pensamientos se han comunicado y confundido bajo la discreta influencia de tu sombra protectora! Y ¡cuántas penas, y cuántos dolores no ha mitigado y suspendido el sueño! ¡Cuántos cansancios no ha hecho desaparecer, cuántas desesperaciones no ha sabido reemplazar por los beneficios del reposo y por las promesas imprevistas de la plácida esperanza!

Yo adoro apasionadamente la sublime noche, que posee el don singular de sustituir el mundo del pensamiento íntimo al mundo de la pesada materia, y de abrir el panorama de los cielos á la mirada contemplativa, ansiosa de conocer los otros mundos, invisibles á la luz del día. Pero la reflexion que con mas fuerza se presenta á mi mente en este momento, es pensar que para producir esta asombrosa transformacion sobre la Tierra, basta que la naturaleza eleve el horizonte por cima del sitio del Sol; y que con esta sola inflexion de la esfera, el mundo moral experimenta una metamórfosis no menos completa que la del mundo físico. Lo que mas me asombra es que durante la noche silenciosa, que nos proporciona la rotacion de la Tierra, las fuerzas continuas del universo siguen ejerciendo su accion y llevando nuestro globo por el vacío del desierto, conduciéndole con la energia de su potencia atractiva, resultado de los múltiples movimientos de que es juguete, haciéndole recorrer 26 800 leguas por hora... mientras nosotros dormimos ó soñamos en el regazo maternal de la noche suave y tranquila.

¡Qué contraste! ¡Qué oposicion tan maravillosa entre la serenidad esquisita de una noche clara, y la fuerza colosal que, produciendo este efecto, arrastra ciegamente la Tierra por el espacio con una velocidad vertiginosa!

Durante una noche de 10 horas nuestro planeta ha atravesado por la inmensidad una estension de 268 000 leguas. Cada punto de su superficie, impulsado además del Oeste al Este por la rotacion diurna, ha recorrido casi la mitad de la circunferencia de su latitud. Y durante este tiempo el observador ha podido seguir lentamente el movimiento al parecer insensible de la bóveda estrellada que

tiene sobre su cabeza, y estudiar el cielo exterior, gracias á la transparencia de la Atmósfera.

La bóveda estrellada de la noche no existe, como no existe la bóveda azul del dia. Una y otra son efecto de una misma propiedad del aire, que obra en sentidos contrarios. La envolvente atmosférica es, en efecto, bastante *diáfana* para que las estrellas lejanas puedan verse al través de ella; y no lo es completamente, porque en este caso el cielo apareceria negro, incoloro, en vez de presentarnos ese velo aéreo azulado y sutilísimo que se forma por la reflexion de la luz sobre las moléculas atmosféricas que no son completamente transparentes.

En el seno del universo cubierto de estrellas, nuestra vista refiere vagamente á una bóveda ficticia, cuyo centro es, todos los puntos luminosos diseminados en el espacio; la esfera celeste, en medio de la cual se supone la Tierra, nace á la vez de la propension que tenemos á referir todos estos puntos exteriores á una misma superficie curva, á una misma distancia, y de la necesidad que se ha originado de trazar las constelaciones y de darlas nombres para conocerlas. Pero en realidad las estrellas, que son otros tantos soles, están á distancias muy distintas, detrás de la pretendida bóveda. Se puede indicar un ejemplo, diciendo que el cielo cubierto de nubes que derraman la lluvia no está á mas de 1500 metros de altura (frecuentemente menos), y que de estas nubes á la Luna hay 256 000 veces esta distancia: y observando tambien, que la Luna situada á 96 000 leguas de la Tierra, no está mas que á la millonésima parte de la distancia que nos separa de la estrella mas próxima (*a* del Centauro), y que las estrellas que nos parecen próximas están situadas unas detrás de otras á distancias tales, que es preciso contarlas por millones de millones de leguas.

Los filósofos de la antigüedad habian admitido la realidad de la bóveda celeste; para muchos de ellos las estrellas eran clavos de oro, y los aerolitos piedras desprendidas del firmamento. Rompiendo el cristal de los cielos, Copérnico y Galileo han desarrollado el universo y le han dado su verdadero valor.

Mas adelante veremos la mision que desempeña la noche bajo el punto de vista meteorológico, dejando perder en el espacio una parte del calor adquirido durante el dia. Bien pronto tambien, tendremos ocasion de hablar de ciertos fenómenos peculiares de la noche, como los bólidos, las estrellas fugaces y la luz zodiacal. En este capítulo, en que no se considera la noche sino bajo el aspecto de la sucesion causada en la distribucion de la luz por la rotacion del globo, podemos, despues de haber hablado de las estrellas, recordar tambien la luna y el atractivo de su nocturno resplandor.

Tanto bajo el aspecto científico como bajo el del arte, la claridad esparcida por la luna en nuestra atmósfera mereceria un estudio especial por las variaciones que presenta segun los climas.

Para tener una idea completa de una larga y helada noche iluminada por la pálida luz de la luna, seria preciso que nos transportásemos á las regiones polares. Allí, durante una noche invernal de medio año, la luna sale una vez al mes y permanece 15 dias sobre el horizonte. La fase del orto es la del primer cuarto. Despues de su aparicion el astro se eleva poco á poco, describiendo, durante la mitad del tiempo que permanece visible, siete vueltas y media alrededor del horizonte. Al mismo tiempo la fase aumenta. Al cabo de este intervalo llega al fin el plenilunio y el disco lunar alcanza su altura máxima, que no escede nunca de 29° . Entonces vuelve á bajar, describiendo de nuevo siete vueltas y media en la esfera alrededor del horizonte, y en el último cuarto la luna se pone y desaparece por otros 15 dias. Esta larga permanencia de la luna sobre el horizonte de los polos se esplica por la oblicuidad de la Tierra sobre el plano de su órbita, de la cual nos ocuparemos muy pronto, al hablar de las estaciones y de la variacion de los dias y las noches.

Viniendo ahora hácia nuestras latitudes templadas, veremos á la luna salir y ponerse todos los dias. Al mismo tiempo adquiere alturas cada vez mayores por cima del horizonte.

La larga iluminacion de las noches polares ofrece para

nosotros un carácter extraño y fantástico. Los pálidos reflejos de la luna, dice M. Liais se extienden sobre la gruesa capa de nieve que recubre y oculta el suelo, y solo los costados, muchas veces casi á pico, de masas gigantescas de hielo, varian la uniformidad de este espectáculo con sus estalactitas de formas extrañas, ya finas y parecidas á los encajes de nuestros monumentos góticos, ya reproduciendo sus estensas columnatas. Algunos hermosos efectos de luz llaman sin embargo la atencion en medio de esta naturaleza muerta y desolada. Con mucha frecuencia cristallitos de hielo que flotan en la Atmósfera dan lugar á la formacion de grandes círculos blancos que rodean la luna, y á la inmensa variedad de arcos, halos y paraselenes, de que hablaremos mas adelante. A veces la débil luz del astro no consigue apagar los brillantes reflejos de la aurora boreal, cuyos rayos, y cuyos arcos se unen á los círculos blancos ó de colores producidos por la luz de la luna al atravesar los cristales atmosféricos. Por otra parte, en el suelo, agujas de hielo situadas en la sombra reflejan como una luz pálida y fosforescente las nieves alumbradas, ó las cristallinas estalactitas espuestas á la accion directa de los rayos lunares y multiplican de unas en otras sus imágenes. Si en nuestros climas no tenemos estos espectáculos, el verano nos compensa dándonos noches templadas y agradables, en las cuales la presencia de la luna, alumbrando campiñas llenas de vida, ó atravesando con sus rayos el follaje de los árboles, esparce sobre la naturaleza fresca y animada una especie de dulce melancolía que incita al recogimiento y á la meditacion.

Las lunas claras en nuestros climas templados ofrecen un atractivo particular; como decia Ossian, son el divino acompañamiento de las noches solitarias, veladas por las ligeras nubecillas que transporta la brisa, animadas por las melancólicas notas del «*sweet nightingale*» (1), el tierno cantor de la media noche.

En Europa, como en todas las zonas templadas, durante el plenilunio adquiere el astro una altura sobre el horizonte

(1) El dulce ruiseñor.

mucho mayor en invierno que en verano. Esto procede de que el camino que describe es poco mas ó menos el mismo que recorre el Sol. Ahora bien; cuando nuestro satélite nos presenta su parte alumbrada, está precisamente en la parte opuesta al sitio que ocupa el Sol, es decir, en la parte del Zodiaco, en que este habia estado seis meses antes. Por eso en verano la luna llena está en la region del cielo ocupada en invierno por el Sol, region que en nuestros países aparece muy cerca del horizonte por el lado del Sur. En invierno, por el contrario, el plenilunio se ve en la region del Zodiaco, en que el Sol ha estado durante el estío.

La altura de la luna varía tambien de un año á otro. Así es que durante estos últimos la luna ha estado diez veces su diámetro mas alta que hace diez años. Ahora empieza á bajar, y en 1876 llegará á su mínimo. La oscilacion dura 19 años.

Puede decirse en general que en nuestros climas la menor intensidad de la luz lunar corresponde precisamente á la estacion en que nuestros árboles están cubiertos de hoja. Las lunas claras de verano, únicas que podrian compararse á las de los trópicos por el atractivo especial que derrama la blanca luz de nuestro satélite sobre una naturaleza cubierta de vegetacion poderosa, son, sin embargo, muy inferiores á las de la zona tórrida, en la cual llega la luna hasta á lanzar desde el zénit verdaderos rayos que se detienen y condensan sobre paisajes llenos de verdura. La transparencia de la atmósfera tropical, dice tambien el astrónomo citado antes, favorece la intensidad de la luz, y con una claridad triple de la que existe en verano en nuestros climas, las magestuosas formas de aquellos colosales monocotiledones se dibujan en medio de la masa general de follaje, con un carácter de hermosura indescriptible.

La claridad lunar se computa como la trescientas milava parte de la del Sol. Las últimas apreciaciones de su calor hacen suponer que solo puede producir en la superficie de la tierra una elevacion de temperatura de 12 millonésimas de grado.

Uno de los espectáculos mas curiosos de las noches de estío, y que presenta una especie de contraposicion al cua-

dro de la bóveda celeste, es el de la fosforescencia del mar.

Apenas ha desaparecido el Sol en el horizonte, una infinidad de animalillos luminosos son atraídos á la superficie del líquido por ciertas circunstancias meteorológicas. Una claridad nueva surge del seno de las olas. Se podría creer que el Océano quiere devolver durante la noche los torrentes de luz que ha recibido durante el día. Esta luz estraña nace aquí y allá, en una porcion de puntos que de repente se iluminan y centellean.

Cuando el mar está en calma parece que se ven en su superficie millones de chispas vivientes que flotan y se balancean, y en medio de ellas caprichosos fuegos fátuos que se persiguen y se cruzan. Estas fugaces apariciones se reunen, se separan y se vuelven á unir, acabando por formar una estensa capa de fosforescencia azulada ó blanquecina, pálida y vacilante, en el seno de la cual pueden distinguirse todavía en algunos puntos, pequeños soles deslumbradores que conservan todo su brillo.

Cuando el mar está agitado parece que las olas se inflaman. Se elevan, giran, hierven y se rompen en copos de espuma, que brillan y desaparecen como las chispas de un inmenso hogar. Al estrellarse contra las rocas de la playa, las circundan de una franja luminosa: el escollo mas insignificante se halla rodeado de un círculo de fuego. Cada golpe de remo hace salir del Océano torrentes de luz: en un punto son débiles, poco movibles y casi continuos: en otro resplandecientes, vagarosos y dispersos como un sembrero de lucientes perlas. Las ruedas de los vapores agitan, levantan y precipitan haces inflamados. Cuando un buque hiende las ondas, levanta delante de sí dos olas de fósforo líquido, y traza detrás de su popa una larga estela de fuego que se borra lentamente como la cola de un cometa!

Una noche de agosto de 1865, navegando en el canal de la Mancha, nuestro pequeño vapor dejaba tras sí un largo surco luminoso que marcaba su camino, y que á veces nos envolvía en una luz semejante á la de los fuegos artificiales.

Se han buscado muchas esplicaciones para este brillante

y curioso fenómeno. Ahora se sabe que es debido á la existencia en el agua de un número incalculable de animalillos microscópicos que de dia producen el aspecto del *mar de leche*, y hacen aparecer el Océano como una llanura de nieve ó de creta. Parece que de todos los infusorios pelagianos el que mas contribuye á la fosforescencia del mar es el *noctiluceo miliar*. Este animalillo se ha comparado por los naturalistas unas veces á las actinias y otras á las medusas y á los foraminíferos. Es tan pequeño, que en 30 centímetros cúbicos de agua pueden existir 25 000.

El noctiluceo parece á primera vista un glóbulo de gelatina transparente. Presenta en algunas partes de su interior gránulos que probablemente son gérmenes y puntos luminosos. Estos aparecen y desaparecen con gran rapidez: la menor agitacion los pone brillantes. A lo sumo forman la veinticincoava ó la treintava parte del mayor diámetro del glóbulo. Los noctiluceos esmaltan la superficie de agua como pequeñas constelaciones caidas del firmamento.

No son estos, sin embargo, los únicos animales productores de la fosforescencia. El estado luminoso del mar se determina tambien por las medusas, las asterias, los moluscos, las nereidas, eiertos crustáceos y hasta algunos peces... estos animales desarrollan la luz como la trimielga ó torpedo desarrolla la electricidad. Multiplican y diversifican el efecto del fenómeno.

La mayor parte parece que disponen á voluntad de su fosforescencia como el gusano de luz de su pequeña linterna: muchos aumentan ó disminuyen su intensidad segun las circunstancias, y hasta pueden estinguirla por completo. Cuando se presenta mas viva y mas intensa es durante el celo, en las horas de amor, durante las cuales parece que estos seres microscópicos se convierten enteramente en una llama que los consume.

Hé aquí un exacto y bellissimo cuadro de este maravilloso fenómeno de la fosforescencia del mar, trazado por M. Poussielgue en su viaje á la Florida en setiembre de 1851. «Cada ola, dice el viajero, giraba rodeada de una luz blanca que formaba sobre ella una cubierta con franjas luminosas que se estendia como un manto de plata y se agi-

taba con el Océano. La goleta estaba mas oscura que el cielo: sobre cubierta no nos veíamos á dos pasos de distancia; vogábamos sobre fuego; cada ola que chocaba con la proa saltaba formando haces de luz. Un cubo que se bajase para tomar agua, parecia hundirse en un horno, y subia lleno de llamas líquidas: la cuerda y los dedos cuando se humedecian fosforescian como si hubiéramos cogido fósforos mojados.

»Bandadas de tiburones que olfateaban la tempestad y que cazaban en aquella siniestra noche, dejaban á su paso luminosas estelas; se hubiera podido creer que eran llamaradas que se entrecruzaban alrededor de la nave; y cuando uno de aquellos peces golpeaba las ondas con su potente cola, hacia saltar haces de llamas que volvían á caer al agua convertidos en cascadas de fuego. Dos ó tres grandes delfines que nadaban en nuestras inmediaciones, lanzando el agua por sus espiráculos, producian surtidores de fuego de un efecto admirable.

»Y no es esto todo: hé aquí el complemento. A la luz blanca se agregaban fuegos de color. El fuego de San Telmo, de un violeta tornasolado, recorria palpitante la estremidad de los masteleros y de las vergas; la electricidad de las nubes que nos envolvian se manifestaba alrededor de nuestro para-rayos, cuya punta producía el efecto de una pila de Volta. Y aun no es esto nada: á cierta profundidad se formaban flores, estrellas cadenas y cintas de llamas de una regularidad asombrosa, que hacia á aquellos fuegos artificiales del mar asemejarse á las guirnaldas de vas osde color, que se colocan en los mástiles empavesados de nuestras fiestas nacionales.»

Habiendo pescado alguno de estos moluscos fosforescentes, pudo reconocer el autor que cada uno de aquellos tubos vivientes tenia en sus dos estremidades ventosas que le servian para unirse á sus semejantes; así reunidos formaban aglomeraciones de muchos millones de individuos, que al agregarse formaban figuras geométricas distintas.

La fosforescencia no es rara en las costas de Francia, aunque es menos frecuente que en las regiones tropicales. Se manifiesta principalmente en las estaciones cálidas y en

los días tempestuosos: ordinariamente precede á la tempestad y podria servir de signo precursor del cambio de tiempo.

Durante el mes de setiembre de 1869 M. Decharme, de Angers, que habia observado este fenómeno mas ó menos decenso en las costas de Bretaña, recogió el agua fosforescente. En estado de reposo perdía rápidamente su brillo; pero tan luego como se agitaba el frasco volvia á ponerse luminosa. De dia podian verse los animales con un pequeño micros cópico, que aumentaba 40 veces su tamaño, y parecian lentejuelas diáfanas de 2 á 4 milímetros de diámetro. Una tarde de tempestad el frasco se puso fosforescente por sí solo.

Siendo permanente la causa de la fosforescencia del mar, el fenómeno varía únicamente de intensidad. En efecto, si se toma agua del mar, en un dia cualquiera en que no aparezca fosforescente en la playa se encuentran siempre,—por lo menos en la estacion cálida, que es la de las tempestades,—un número mas ó menos considerable de animalillos fosforescentes, número que varía segun el estado de la Atmósfera. Para demostrar su existencia, basta cuando no se hacen luminosos espontáneamente por una ligera agitacion, lo cual es raro, despertarlos, agregando algunas gotas de un líquido escitante, por ejemplo de alcohol ó de un ácido. Entonces agitando el vaso se perciben los puntos fosforescentes.

El exámen detenido del agua del mar, relativamente á la fosforescencia, podria proporcionar sin duda escelentes datos para la meteorología de las tempestades. Seria fácil á los marineros y á los habitantes de las costas hacer varias observaciones con este objeto, y bien pronto podrian sacarse las consecuencias y las indicaciones que lleva consigo este curioso fenómeno.

CAPITULO IV.

LA MAÑANA.

Atraída por el efluvio fecundo de la luz solar, gira la Tierra en el haz luminoso, presentando su frente al Sol y buscando una madrugada perpetua por la esposicion regular y sucesiva de sus meridianos al astro-rey. Para cada region del globo, la mañana llega en un momento relacionado con el movimiento diurno aparente del cielo; para el conjunto del globo, el Sol está saliendo constantemente, y distribuyendo sin cesar desde el principio de este mundo la alegre hora de su salida en la circunferencia que le presenta constantemente nuestro móvil planeta.

Hay mundos en los cuales no existen nunca salidas del Sol; en los que no hay mañanas, ni días, ni noches; estos son aquellos mundos en cuya superficie reina constantemente una luz, ya difusa y suave, ya deslumbradora, y que sacan de su misma atmósfera esta permanente claridad. Hay otros en los cuales aparecen y se ocultan soles de colores, que sustituyen los rayos de la escarlata, del rubí ó de la esmeralda, á la luz blanca, característica de nuestro Sol. Estos mundos, alumbrados por muchos soles de diversos colores, no son raros en el espacio. Hay todavía otros, para los cuales el retorno cotidiano de la luz y del calor no es tan regular como en el nuestro, sino que

está sometido á fluctuaciones que tan pronto producen mañanas inflamadas por torrentes de luz, como permiten que la noche usurpe los dominios del día.

De este modo, lo que vemos en la Tierra no es la imágen de cosas semejantes que suceden en los demás mundos; y nunca podremos apreciar en lo mucho que vale el sistema orgánico que la naturaleza ha sometido á nuestro planeta. ¡Qué espectáculo mas digno de atencion que el de la vuelta cotidiana de la luz á la Atmósfera de nuestro mundo oscuro, sobre todo cuando pensando en está vuelta se ven en ella de una sola ojeada todas sus consecuencias sobre la renovacion incesante de la vida.

El momento en que la naturaleza despierta, al comenzar la aurora, es una hora de paz y al mismo tiempo de actividad. Todos los séres, abandonando el descanso reparador, vuelven al círculo momentáneamente interrumpido, de su destino terrenal; como la primavera para el año, la mañana es para el día el instante de la renovacion. Los pájaros dedican al astro radiante su cancion matinal, con una voz tan pura en el órden de los sonidos, como pura es la aurora en el órden de la luz. Alrededor de nuestras casas de campo, los animales domésticos buscan instintivamente en la luz la libertad, la agitacion, el trabajo, y salen dichosos de su inactivo letargo. La especie humana, sin embargo, por una malaventurada escepcion, se ha acostumbrado en las grandes ciudades á hacer del día noche y de la noche día. La media noche no es la mitad del sueño, y la «madrugada» empieza en París poco antes de medio día para durar hasta cerca del anochecer. Esta es una trasformacion singular que los astrónomos únicamente podrian justificar, pero que forma hoy la regla general de las ciudades humanas, y ejerce sin duda alguna una funesta influencia en la salud y en casi todas las fuerzas orgánicas.

Como ya hemos visto, la refraccion atmosférica hace que comience el día antes de salir el Sol, y que se prolongue hasta despues de su postura. En mis viajes científicos en globo, he podido hacer algunos esperimentos especiales sobre la luz de la aurora.

En la época del solsticio de verano, cuando la Atmósfera está serena y no hay Luna, una elevacion de 200 metros, á media noche sobre la bruma inferior, basta para distinguir al Norte, claramente dibujada, la claridad del crepúsculo.

Cuando la Luna brilla en toda su plenitud, es fácil comparar su luz con la de la aurora. Esto hice yo, entre otras, en la noche del 18 al 19 de junio de 1867. Comparando simultáneamente la luz de la Luna, que acababa de pasar por el meridiano con la de la aurora, y examinando el aumento de esta, vi que ambas se igualaron á las dos horas 45 minutos de la madrugada, una hora y 13 minutos antes de la salida del Sol. A partir de este instante la luz de la aurora fue aumentando sobre la de nuestro satélite.

Lo que mas me sorprendió en esta observacion fue reconocer que la proverbial blancura de la luz de la Luna no parece blanca, sino cuando se la compara con nuestras luces artificiales. Ante la luz de la aurora se enrojece como la del gas cuando se la compara con ella.

Una diferencia notable existe tambien entre la luz de la aurora y la de la pálida Diana. Aun cuando en intensidad no haya llegado á la de esta última, aquella *penetra* en los objetos, mientras que la de la Luna *desliza* sobre su superficie y los sombrea vagamente.

Aun en las ocasiones en que el cielo está mas puro, las regiones próximas á la Tierra parecen desde arriba siempre enturbiadas y veladas por vapores. A estas alturas seria donde mejor pudieran establecerse los observatorios.

¡Qué espectáculo mas sublime que el de la salida del Sol, observada desde las alturas de la Atmósfera, ó desde las cúspides de las montañas! En el desierto el astro radiante aparece como un rey que se desenvuelve de su gloriosa púrpura; los rayos de su diadema se estienden á través de los vapores mas altos, y el árabe saluda á Helios, á ¡Allah! tres veces santo como en otro tiempo el habitante de las perfumadas islas del Peloponeso, saludaba á Apolo. En el mar, su primer rayo de oro relumbra de improviso, y despues el disco luminoso asciende solemnemente por

cima de las olas. Cualquiera que sea el lugar desde donde se contemple este espectáculo, es difícil no encontrarlo grande y magestuoso.

De todos los cuadros de la naturaleza que he podido admirar, aquel cuyo recuerdo me impresiona mas todavía, es una estraña salida del Sol, á que asistí en globo, una madrugada de verano, á 2 400 metros de altura sobre el Rhin.

Las nubes acababan de formarse, de dos á tres de la madrugada, en las regiones de la atmósfera inferiores á la nuestra, y aparecian aquí y allá sobre la estensa campiña. Los inmensos bosques de la Alemania se desarrollaban á mas de dos kilómetros por debajo de nosotros; casi á nuestro nadir distinguíamos á Aquisgram, (Aix-la-Chapelle); á lo lejos, por la izquierda, los terrenos pantanosos de la Holanda; á la derecha el ducado de Luxemburgo; detrás de nosotros las propiedades cercadas por setos de la Bélgica; delante, próxima á la salida del Sol, la Westfalia; á lo lejos el Rhin desarrollaba sus curvas blancas y serpentiformes. Colonia con su negra catedral, estaba próxima al centro del semicírculo. Hacia mucho tiempo que la aurora estendia sobre la tierra una claridad siempre creciente, y por un singular efecto de óptica ó por la disposicion casual de las sombras en las nubes situadas á nuestra altura, un estenso paisaje se dibujaba hácia el Oriente, con tintas y degradaciones vagas, parecidas á las del mármol.

Detrás de estas decoraciones fantásticas, de estos muros, de estas torres, de estos campanarios proyectados sobre la lejana capa de las nubes, se presentia la próxima aparicion del Dios de la luz, cuya magestad iba á disipar de repente todas las sombras del crepúsculo. Un silencio absoluto rodeaba nuestra barquilla, y las nubes se formaban y se desvanecian debajo de nosotros.

Á la verdad no puedo comparar el aumento sucesivo de la luz oriental y los síntomas precursores de la salida del astro-rey, á nada mejor que á una melodía estremadamente pura que se dejara adivinar mas bien que oír, en un principio, como si viniera de una gran distancia. Despues, este murmullo, este preludio, se acentúa mas, y se pueden

ya distinguir los acordes de los diversos instrumentos. El oído encantado por la embriagadora armonía, lo mismo que la vista bañada por la luz celeste, trata de distinguir en el conjunto el motivo que se desprende del sonoro acompañamiento; pero á través de las vibraciones de las cuerdas graves, entre los halagueños enlaces del arte musical, el pensamiento no puede llegar á distinguir la voz cantante del melodioso concierto. Apenas la atención ha penetrado en este mundo maravilloso de la armonía, cuando de repente brilla con toda su magnificencia la poderosa y arrebatadora sonata... ¡El dios de la luz relumbra! Las inmensas regiones de la Atmósfera se ven de pronto atravesadas por los fuegos de su inagotable radiación.

Estos espectáculos aéreos son raros. Mas frecuente es la observación de la salida del Sol en las montañas.

En mi opinion, las puestas del Sol mas hermosas son las del mar; y las mas bellas salidas las de las montañas ó las de las ascensiones aéreas.

Todos los viajeros que recorren anualmente los Alpes suizos han subido una vez por lo menos á la cúspide del Righi, aquella montaña de 1800 metros, que se eleva aislada en medio de los lagos y presenta al naturalista la sucesion de todos los climas hasta las últimas especies vegetales. Para que aquellos que no la han sentido puedan figurarse la impresion de un amanecer en los Alpes, saco de mis notas de viaje la observacion que hice yo mismo en el mes de setiembre de 1868. Es una sencilla descripción que puede dar idea de la naturaleza de este hermoso espectáculo.

... He presenciado esta mañana la salida del Sol desde la cumbre de la hermosa montaña que, por su feliz situacion, domina el panorama de la Suiza. Es inaudito.—No puede formarse idea de la iluminacion de los heleros en el cielo antes de que el Sol se muestre por cima de las crestas, cuando no se ha visto por si mismo. Ayer, hácia la una, empezamos la ascension, formando una verdadera caravana: guías, mozos que llevaban vestidos para cuando llegásemos, caballos y mulas para las señoras que no se atreven á arriesgar sus delicados piés en aquellos ásperos senderos, sillas de mano para los impedidos ó los medrosos etc. Todo esto se pone en marcha por el camino estrecho que principia en Art en el lago Zug; y serpenteando al través de bosques, matorrales, peñascos y

torrentes llega á Kulm y al vértice del pico. A las seis estábamos en aquella espléndida cúspide, desde la cual se descubre la inmensa cadena de heleros de los Alpes de Oberlând, las cúspides sucesivas de las montañas mas altas, el relieve tan diverso de este país hecho pedazos, las laderas de las colinas mas inmediatas, los verdes pastos y las praderas de este paraiso terrenal, los innumerables lagos que reflejan el cielo, las graciosas ciudades en miniatura, las aldeas y las rojas casitas (chalets) diseminadas por todas partes en aquel jardín. Durante el camino habíamos hecho algunas paradas indispensables para nuestros pulmones, nuestras piernas y nuestros tragaderos.

Al subir se admira el hermoso valle que se estiende al pié del Righi pero mirada y pensamiento se fijan con pena en el famoso hundimiento del Rosberg que en 1806 se tragó toda la risueña aldea de Goldau y rellenó una parte de su lago. Aquella peña, blanca aun, de la elevada montaña, aquellos cantos grises, amontonados en la llanura, invitan á pensar en los incesantes movimientos de la naturaleza, que se verifican como si el hombre no existiese sobre la tierra.

En cuanto á la salida del Sol, no creo que en ningun punto de la tierra, á no ser en globo, pueda ser tan magnífica.

Es sublime, es indescriptible; yo creo que muchas almas no son capaces de apreciarla con exactitud, ni muchas imaginaciones de comprenderla con verdad.

Desde luego la escena, el instante, la situacion, la novedad forman un excelente prelude para este espectáculo. Una hora antes de la salida del Sol, el sonido pastoril de una trompeta de madera despierta á los viajeros. ¡Eramos 230! La luna derramaba una débil claridad en la atmósfera, y se distinguian á lo lejos los blancos heleros iluminados por una tinta melancólica y silenciosa. Júpiter brillaba al lado de la Luna y Vénus resplandecía en el Oriente. A este cuadro particular de la noche sustituye el tocador de las montañas. Poco á poco, con gran lentitud, se lavan en cierto modo de la oscuridad que las cubre, se manifiestan con sus formas y unidas como hermanas. Una luz difusa se hace perceptible y va aumentando en medio del aire frío y húmedo de la mañana. A Levante, el horizonte se presenta ornado por las almenas grises que dibuja tan solo en el espacio mas claro del cielo la silueta de las crestas.

Entonces es cuando hácia el Sur, los heleros pálidos y apenas visibles con la luz de la Luna y con la de la Aurora, se ponen rosados, con una tinta suave y verdaderamente celeste; el Sol acaba de salir para aquellas lejanas cumbres. Las cimas plateadas se doran y se reúnen, formando en el espacio un paisaje singular y notable, que se creeria dibujado por las nubes. Esta iluminacion de los Alpes, á la salida del Sol, ofrece un carácter de inmensidad y de poder, que da de la superficie terrestre y de su movimiento hácia la luz una idea completamente especial.

Despues de los primeros heleros, se iluminan otros á su vez. Desde la cumbre del Righi se domina toda la circunferencia del horizonte. El Fisteraarhorn, el Aguila, el Fraile, la Jungfraa, el Blakenstock, el Uri, el Sentis, el Gloernich y otros ciento aparecen iluminados con la misma suave claridad. De los rosados heleros la vista se vuelve á las entalladuras del horizonte Oriental.... y de repente, un débil rayo rojizo aparece y llena el espacio. Entonces, despacio, magestuosamente el astro centellante aparece saliendo del cielo gris; y distribuyendo poco á poco

la claridad de la aurora por todas partes, destaca de la sombra sucesivamente las montañas, los paisajes, desarrollando, por decirlo así, el panorama, como una serie de planos que se apartasen y retrocediesen; de modo que los heleros primitivamente alumbrados parece que se alejan mas y mas, dejando un espacio inmenso para la sucesion de las montañas, de las colinas y de los valles mas cercanos...

La luz del Sol da á nuestro planeta su adorno y su hermosura; á las campiñas la verde alfombra de las praderas; á las tierras labradas el oro de las rubias espigas; á las flores sus maticados colores; al cielo su color azul y sus variadas tintas. Pero al atravesar la Atmósfera es absorbida parcialmente por las capas de aire, y esta absorcion es la que forma nuestro cielo atmosférico.

Esta absorcion ha podido calcularse por medio de curiosas investigaciones. Para dar una idea del método empleado, empezaré por recordar á mis lectores que la luz, por sutil é incoercible que parezca, tiene no obstante un poder mecánico tan efectivo como el del calor: citaré entre otros muchos ejemplos, el de la esplosion de una mezcla de cloro y de hidrógeno en un frasco, esplosion producida esclusivamente por la accion de la luz, puesto que conservando el frasco en la oscuridad los dos gases permanecen juntos sin combinarse (1).

En investigaciones hechas especialmente con este objeto, los Sres. Bunsen y Roscoe han tratado de calcular en funcion del ácido clorohídrico producido, la cantidad de accion química ejercida por la luz.

Para conseguirlo han hecho obrar un haz de rayos introducido en una cámara oscura sobre la mezcla gaseosa de cloro y de hidrógeno; haciendo la observacion á diversas alturas del Sol han calculado la influencia absorbente de la Atmósfera sobre los rayos que habian atravesado ca-

(1) Esta accion reciproca del cloro y del hidrógeno está de tal manera sometida á la accion de la luz, que cuando esta es difusa, la combinacion se verifica con lentitud y sin esplosion, y la cantidad de ácido clorohídrico producido es proporcional á la cantidad de luz que ha ejercido su accion sobre la mezcla. En esto se funda precisamente el esperimento de que se ocupa el autor inmediatamente despues.

pas de espesor variable, y han podido deducir la acción química que ejercería el Sol en el límite de nuestra atmósfera sobre una mezcla de cloro é hidrógeno.

El cálculo aplicado á sus observaciones ha demostrado que si los rayos solares no sufriesen ninguna absorción atmosférica, cayendo verticalmente sobre la tierra en una atmósfera indefinida de cloro é hidrógeno, producirían durante cada minuto la formación de una capa de ácido clorohídrico de cerca de 35 metros de espesor. Después de haber atravesado la Atmósfera estos rayos, no tienen más fuerza que la representada por 14 metros y medio, es decir, que han perdido cerca de los dos tercios de su intensidad primitiva. Las investigaciones sobre la radiación solar han demostrado que en las mismas condiciones la acción calorífica está disminuida á lo sumo en la tercera parte de su valor. Así es que los rayos más refrangibles de la luz son absorbidos por la Atmósfera en mayor proporción que los rayos menos refrangibles (1). El aire guarda, emplea, refleja, pone en juego, y hace trabajar á las dos terceras partes de la luz que el Sol nos envía; y no absorbe, por el contrario, más que un tercio del calor que recibe del mismo astro. Parece, pues, que la luz hace en la Atmósfera un papel más importante que el calor. Ya veremos también en el último capítulo de este libro cuán inmensa importancia tiene la luz en la vida terrestre, vegetal y animal.

Los mismos físicos citados más arriba han estudiado las intensidades totales, solares y atmosféricas, en cierto número de puntos, cuya latitud variaba desde 15° del polo (isla de Melville) hasta 30° del Ecuador (el Cairo), evaluadas en espesor de ácido clorohídrico formado, como si los rayos penetrasen en una atmósfera indefinida de cloro

(1) Los rayos menos refrangibles de la luz son rojos, y en estos es donde se encuentra el máximo del calor del espectro solar. Por eso Flammarion, del paso á través de la atmósfera de una cantidad de calor solar relativamente mayor que la cantidad de luz, deduce que deben absorberse en menor proporción los rayos rojos, que siendo los de mayor temperatura permiten que llegue con ellos mayor cantidad de calor á la tierra.

(N. del T.)

y de hidrógeno. Los resultados siguientes espresan la acción durante el intervalo de tiempo transcurrido entre el orto y el ocaso del Sol el día del equinoccio.

Las diferencias entre los efectos que se producirían en estos diversos países son menos considerables de lo que hubiera podido creerse, y la causa estriba en la poderosa diseminación lumínica de la Atmósfera: en efecto, la acción fotoquímica directa del Sol varía como 1: 15: 30 entre la isla de Melville, Heidelberg y el Cairo, mientras que el efecto de la difusión atmosférica varía solamente como 9: 16: 18.

La absorción de los rayos activos muy refrangibles aumenta muy rápidamente con el espesor de la Atmósfera; así es que cuando el Sol tiene una altura media de 25° sobre el horizonte, la relación de las intensidades químicas de la luz directa y de la luz difusa sobre un papel sensible preparado con una sal de plata es de 0,23, y la de las intensidades luminosas es de 4; es decir, que la acción de la Atmósfera es 17 veces mayor sobre los rayos que impresionan químicamente los compuestos de plata, que sobre aquellos que ejercen su acción sobre la retina.

Cuando esta altura del Sol sobre el horizonte no es más que la mitad, 12° próximamente la relación media de las intensidades químicas de la luz directa y de la luz difusa, no es más que de 0,053, y la relación entre las intensidades de los rayos luminosos de 1,4; es decir, que entonces la acción de la Atmósfera es 26 veces mayor sobre los rayos químicos del Sol que sobre sus rayos luminosos. A menores alturas, la acción química directa del Sol se hace inapreciable, mientras que la intensidad de los rayos visibles es mayor todavía, y faltan los rayos más refrangibles, lo cual indica el color rojizo del disco solar cerca del horizonte.

Se ha aplicado á la determinación de la intensidad química de las diferentes partes del Sol el método indicado más arriba, y relativo al empleo del cloro y del hidrógeno, y se ha observado que el centro del disco solar ejerce una acción química más intensa que los bordes. Esto podría, pues, conducir á una consecuencia análoga á la

que el Padre Secchi habia deducido de sus observaciones, segun las cuales la radiacion calorífica del centro del disco solar es mas intensa que la de su periferia.

Los Sres. Buusen y Roscoe han comparado la accion ejercida por el Sol sobre una mezcla de cloro é hidrógeno con la de un origen de luz terrestre, por ejemplo, la de una masa de magnesio en combustion en el aire, vista en una magnitud aparente igual á aquella bajo la cual vemos el Sol. Un disco de magnesio en combustion, de un metro de diámetro, colocado á 107 metros, produciria la misma accion sobre la mezcla de cloro y de hidrógeno que el Sol á la altura de 10°.

La luz solar directa comparada al arco voltáico ha dado la relacion de 1 000 : 240; es decir, que el Sol ha producido en las planchas daguerreotípicas una accion química cuatro veces mas enérgica que la luz de la pila.

Mas adelante estudiaremos las radiaciones luminosas, caloríficas y químicas con que el Sol inunda constantemente los planetas colocados á su alrededor. Bástenos por el momento comprender cuán importante es el papel de la luz en la naturaleza. El Sol, astro gigantesco, 1 280 000 veces mayor que la Tierra, es un globo incandescente, líquido ó gaseoso, cuya temperatura puede calcularse en muchos millones de grados. Los torrentes de luz que constantemente nos envia dan á nuestro planeta claridad, movimiento y vida, y lo mismo se los dan á los demás mundos. Dentro de poco apreciaremos directamente toda la magnitud de la radiacion solar. Ahora solo hemos admirado la salida del Sol, y nos hemos formado una idea de la accion mecánica de sus rayos luminosos. Entremos ya de lleno en los trabajos de la Luz, estudiemos las diversas manifestaciones luminosas y continuemos presentando nuestro panorama de la naturaleza, en les fenómenos ópticos que este agente admirable engendra á cada paso en nuestra Atmósfera.

CAPITULO V.

EL ARCO-IRIS.

La accion general de la luz en la naturaleza se ha presentado á nuestros ojos en el curso regular de su trabajo permanente. Sus juegos en la Atmósfera son diferentes y producen mil fenómenos ópticos siempre curiosos, y á veces estraños, esplicados hoy por las leyes de la fisica. Consagraremos los siguientes capítulos al exámen de estos fenómenos, debidos esclusivamente á este agente, á la vez tan poderoso y tan delicado, tan suave y tan fuerte.

El mas frecuente de todos ellos y el que podrá con su sencilla esplicacion ayudarnos á comprender los otros, es la produccion del *arco-iris*.

Pocos habrá sin duda entre nuestros lectores que no hayan observado en la caida de un surtidor de agua ó en una cascada la produccion de un arco-iris en miniatura, análogo al grandioso arco que se proyecta en el espacio aéreo despues de una tempestad. Siempre que estos arcos se presentan podemos observar tres circunstancias: 1.^a, gotas de lluvia, 2.^a, la presencia del Sol; 3.^a, la situacion precisa del observador entre unas y otro (1).

(1) Aunque parece inútil advertirlo, es claro que la posicion del observador ha de ser precisamente de espaldas al Sol y de frente á las gotas de lluvia: en otro caso no se puede percibir el arco-iris.

(N. del T.)

Estas tres condiciones necesarias para la producción del arco-iris van á darnos por sí mismas la explicación de tan precioso fenómeno, en el cual la religión judía saludó la protección de Jehová, y la mitología griega la agradable influencia de la diosa Iris. Para ver un arco-iris, ya en una lluvia artificial, ya en la Atmósfera, es necesario estar siempre de espaldas al Sol; en esta situación los rayos solares que alumbran las gotas de agua se reflejan y se refractan en ellas del modo siguiente.

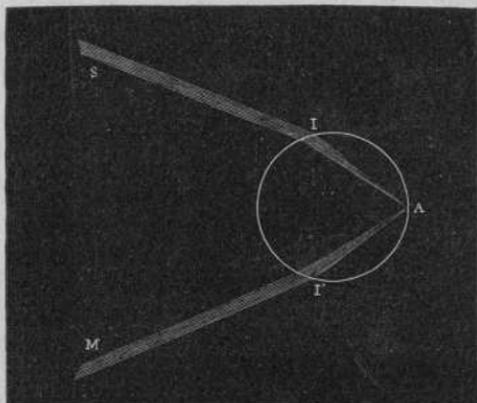


Fig. 12.—Reflexión sencilla de los rayos de luz en una gota de lluvia.

Supongamos una gota de agua AII' en la Atmósfera: un rayo solar llega á esta gota en el punto I , y penetra en su interior desviándose de la línea recta, puesto que todo rayo luminoso sufre esta desviación al pasar á una sustancia transparente mas densa que el aire. Llegado al fondo A de la esferilla líquida que constituye la gota, es reflejado por este fondo y vuelve hácia el lado del Sol con una nueva desviación IM que le aproxima á la Tierra.

Este rayo descompuesto de este modo ofrece todos los

colores escalonados segun diferentes inclinaciones, puesto que cada color es desigualmente refrangible. La inclinacion va creciendo del rojo al violado, de modo que si el rayo rojo hiere nuestra retina, los otros correspondientes á la misma gota no pueden percibirse; pero sí se puede ver por ejemplo el rayo violado que corresponda al rayo descompuesto por otra gota colocada á menor altura. El observador ve, pues, en la direccion de estas gotas un punto rojo en la parte superior y un punto violado mas abajo. Las gotas intermedias envian á los ojos del mismo modo los rayos comprendidos entre el rojo y el violado, y se forma así un espectro solar, cuyos colores son á partir del mas bajo: *violado, añil, azul, verde, amarillo, anaranjado, rojo.*

Imaginemos ahora una superficie cónica, que tenga por eje la recta que va del ojo del observador al Sol, y cuya generatriz pase por la gota. Cada una de las gotas de agua que se encuentren en esta superficie produce el mismo efecto; se tienen, pues, una série de espectros que forman una faja circular, irisada, en la cual los colores simples se suceden en el orden indicado, estando el rojo *b* (Fig. 13) hácia la parte de fuera, y el violado *a* en la de dentro.

El fenómeno se reproduce mientras las gotas de agua se suceden en la misma region del espacio; la apariencia luminosa se renueva al mismo tiempo que el paso de las gotas, y se ve el arco fijo. Se demuestra por el cálculo que el ángulo del cono de los rayos rojos es de 42° ($42^{\circ} 20'$) y el del cono de los rayos violados de 40° ($40^{\circ} 30'$). Esta es la distancia del arco al centro, punto donde se proyectaria la sombra de la cabeza del espectador P. La cuerda HH' del arco total subtiende un ángulo de 84° ; la anchura del arco es de 2° , es decir, próximamente cuádruple del diámetro aparente del Sol.

El arco-iris demuestra, pues, la existencia de esferillas de agua líquida que caen en forma de lluvia en el seno de la Atmósfera. El arco es tanto mas brillante, cuanto mas gruesas son las gotas. Es preciso que sean mucho mas grandes que las que constituyen las nubes para que puedan verse los colores. Hé aquí la razon por qué las nieblas y las nubes no producen arcos-iris.

Sabiendo ya que el arco-iris es producido por los rayos del Sol, refractados en las gotas de lluvia que caen, podemos deducir, no solo la magnitud de este arco, sino tambien las condiciones esenciales para que aparezca. Si el Sol estu-

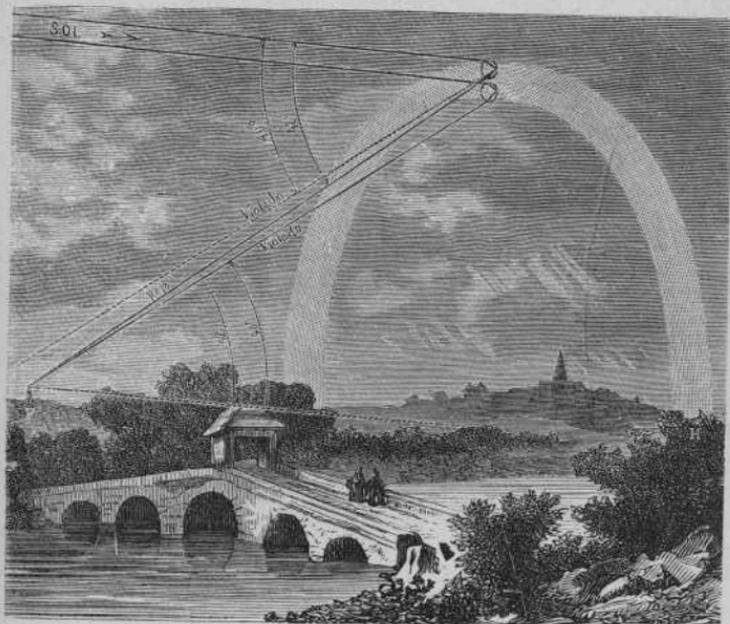


Fig. 15.—Formacion del arco-iris.

viera en el horizonte, la sombra de la cabeza del observador caería tambien en él, y como el eje del cono sería horizontal, resulta que veríamos una semi-circunferencia completa de un semi-diámetro aparente de 41 grados. Cuando el Sol está mas alto, el eje del cono se inclina y el arco se hace mas pequeño; por último, si el Sol llega á la altura de 41°, el eje del cono forma este mismo ángulo con el

plano del horizonte, y el arco resulta tangente á este último. Si el Sol estuviera mas alto aun, el arco se proyectaría sobre la Tierra. Raras veces se ve este fenómeno cuando se presenta así. El segundo arco, del cual vamos á hablar desaparece cuando el Sol se eleva hasta 52° . El observador, colocado en la Tierra, no puede, pues, ver

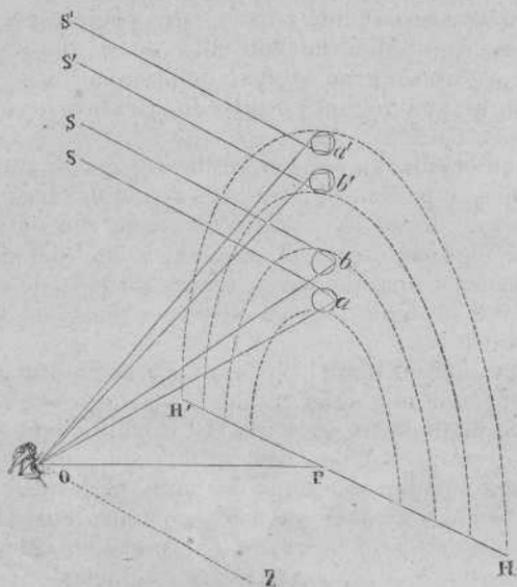


Fig. 14.—Teoría del arco-iris doble.

nunca mas que una semi-circunferencia (sol en el horizonte) y ordinariamente no se ven mas que arcos de 100 á 150 grados. Cuando la Tierra no se opone á la produccion de la parte inferior, se puede ver mas de una semi-circunferencia y hasta una circunferencia completa. Una vez me ha sucedido esto en globo, y estando oculta la parte superior, por aquella circunstancia curiosa veia un *arco-iris al revés*, en el cual el violado estaba por la parte de dentro.

Se observa frecuentemente por cima del arco-iris otro segundo arco, cuyos colores están dispuestos en un orden inverso del precedente. Este segundo arco se explica por una doble reflexion S' a' O y S' b' O (fig. 14). En este caso las desviaciones sufridas por los rayos despues de su emergencia de la esfera líquida son de 51° para los rayos rojos y de 54° para los violados. Este arco secundario es siempre mucho mas pálido que el primero.

La zona comprendida entre el arco principal y el arco secundario está ordinariamente mas oscura que el resto del Cielo, y segun un gran número de observaciones, me parece que es una region absorbente para los rayos luminosos.

Segun el cálculo, pueden verificarse mayor número de reflexiones, y producirse otros arcos cada vez mas pálidos; pero la luz difusa impide que se vean. Sin embargo se ha visto algunas veces el tercero á 40° del Sol. Haciendo caer en una habitacion oscura un rayo de sol sobre un surtidor de agua, se ha observado hasta el décimo-sétimo arco!

Puede suceder que el Sol se refleje hácia una nube por la superficie de una agua tranquila, y que esta reflexion engendre tambien un arco-iris. El cálculo demuestra que entonces este arco debe cortar al formado directamente á una altura que depende de la del astro. Si los dos fenómenos producen el arco secundario, las cuatro curvas entrelazadas presentan un hermosísimo espectáculo. Monge cita una circunstancia en que aparecian completas y perfectamente distintas las cuatro. Halley ha observado tres arcos, uno de los cuales estaba formado por los rayos reflejados en un rio. Este arco cortaba primero el arco exterior de manera que le dividia en tres partes iguales. Cuando el Sol descendió hácia el horizonte los puntos de intercesion se aproximaron. Pronto no hubo mas que uno solo, y como los colores estaban en un orden inverso, se formó el blanco perfecto por la superposicion de las dos séries. Despues de reflejarse sobre una capa de agua, el Sol puede producir un círculo completo. Algunas veces falta la parte superior y queda el fenómeno singular de un arco-iris invertido.

Los académicos enviados al círculo polar para la medida del meridiano observaron el 17 de julio de 1836, sobre la montaña de Ketima, un *arco-iris triple*, análogo á aquel de que habla Halley. En el inferior el violado estaba dentro y el rojo hácia fuera, como siempre. Este es el arco principal. El segundo paralelo á él es el arco secundario que tiene el rojo abajo y el violado arriba. El tercero, partiendo de los arranques del primero, atravesaba el segundo, y tenia como el principal el violado hácia dentro y el rojo hácia fuera.

Originándose el arco-iris por la refraccion y la reflexion de los rayos solares en las gotas de agua que caen por el aire, se concibe que la luz de la Luna pueda engendrar tambien un fenómeno análogo, aunque menos intenso. He tenido ocasion de comprobar este hecho una noche de primavera en Compiègne. Era el 9 de mayo de 1865, á las diez y media de la noche. El director del colegio tuvo la bondad de venir á advertirme la aparicion que acababa de observar, y pudimos estudiarla á nuestro placer. Era la víspera del plenilunio: el astro estaba á 60' de altura sobre el horizonte oriental. El *arco-iris lunar* se manifestaba en el Oeste con una gran limpieza de tonos. Se distinguian los siete colores prismáticos en su orden normal. Sobre el arco principal se observaba el arco secundario mas débil, pero aun claramente dibujado. Este fenómeno meteorológico que nada dejaba que desear es tanto mas raro, cuanto que es muy difícil de encontrar reunidas las condiciones precisas para verle (1). El dia habia sido tempestuoso, y un pequeño chaparron acababa de regar el jardin, lo cual habia elevado á la Atmósfera los perfumes de las lilas y de los alelíes, y daba un atractivo particular á aquella dulce noche del mes de María.

Brandes, Dionisio Duséjour, Sennert, de Tessan, Ro-

(1) El ilustrado meteorologista M. Reaon me ha escrito recientemente que en su vida de observador ha visto tres veces el arco-iris lunar, perfectamente formado. La última vez fué el 1.º de Octubre de 1871 á las 7 y 45 minutos de la tarde en los terrenos del Luxemburgo. Lo mas notable de esta observacion es que la misma tarde se observó tambien un arco-iris lunar en el condado de Sommerset en Inglaterra.

zier, Bravais, han observado y descrito el arco-iris nocturno. También se lee en Américo Vespucio (1501) que ha observado muchas veces «el iris durante la noche» y meteoros raros en el antiguo continente. Creía que el rojo del arco venia del fuego, el verde de la Tierra, el blanco del aire y el azul del agua; y añade: esta señal no volverá á aparecer cuando estos elementos se hayan gastado «cuarenta años antes del fin del mundo.»

En un tratado antiguo de meteorología, el del Padre Cotte, además del arco-iris ordinario, del secundario, de los reflejados y del lunar, se hace mencion de otra especie de efecto óptico llamado «arco-iris marino,» formado en la superficie del mar, compuesto de un gran número de zonas, y que aparece á veces en las praderas húmedas, en la parte opuesta al Sol. Este quinto aspecto es una especie de antelio, que describiré mas adelante al terminar el capítulo siguiente.

Se ha llamado también arco-iris «blanco» al círculo antélico, de que se hablará también en el mismo capítulo.

Por último, se observan algunas veces fajas coloreadas debajo del color violado del arco-iris; parece que corresponden á un arco superpuesto al primero que se ha llamado *supernumerario*; se produce por efectos muy complejos de interferencias. A todos estos hechos agregaré todavía la observacion siguiente:

El 30 de diciembre de 1868, de las tres menos cuarto á las tres de la tarde, entre Rouilly-Saint-Loup y Troyes, ví un magnífico arco-iris que se movia: tenia su arranque derecho al Este y su arranque izquierdo al Noroeste. El tren, que caminaba primero de Este á Oeste, volvió pronto de Sur á Norte. En la primera posicion el estribo derecho del arco se veia detrás del tren; pero avanzando poco á poco acabó por verse todo él enfrente de mi compartimento.

Al mismo tiempo, en 5 minutos, el arco *se elevó* al cielo sobre las diversas nubes, y apareció dibujándose con un verde violaceo sobre el azul. Cuando llegó á la region del Cielo superior en que no habia nubes, desapareció la parte alta, quedando visibles los arranques en las nubes grises inferiores. No se veia en qué gotas de lluvia podia dibu-

jarse el arco; pero al llegar á Troyes observé que habia debido llover un poco. En el ferro-carril el tiempo estaba sereno desde Chaumont.

Esta es la única vez que he visto caminar un arco-iris.

Otra observacion interesante que he hecho, el 4 de junio de 1871 ha sido la de un arco-iris enteramente visible sobre un fondo de cielo que permanecia azul. Los colores son mas lijeros y mas aereos aun que en el caso ordinario. En aquel momento estaba entre Dieppe y Rouen, sobre el esmaltado valle de Monville. El hecho se esplica observando que la escasa lluvia que caia delante de los espectadores no era bastante para modificar el azul del cielo situado por detrás y que las nubes pasajeras de donde caian las gotas de agua no se estendian hasta la region en que se proyectaba el arco (1).

El primero que procuró esplicar el fenómeno del arco-iris por una reflexion de la luz en el interior de las gotas de lluvia, fue un fraile aleman llamado Théodorico; el segundo fue un arzobispo, A. de Dominis (1611). Pero la verdadera teoría la dió por primera vez E. Descartes, á

(1) Antes de que la ciencia diere la esplicacion de este sencillo fenómeno óptico, se le interpretaba como una señal celeste, y no deja de tener interés el ver como se pensaba en aquella época.

El *arco-iris* era, á los ojos de los judíos, la prenda de la alianza que Dios habia contratado con los hombres por medio de Noé despues del diluvio.

Apareciendo como señal de alianza entre Dios y los hombres, parecia lógico admitir que este fenómeno no podia ser anterior al diluvio. Los teólogos han discutido gravemente este punto de dogma. Lutero no titubea en asegurar que el arco-iris apareció milagrosamente despues del diluvio. Fromond por el contrario, admite que desde el dia en que Dios creó el Sol y el agua, debió existir el arco-iris; pero que solo fue señal del pacto ratificado entre Dios y los hombres despues del diluvio.

Segun los Griegos, Iris ($I\rho'$, arco) era hija de Thaumas (maravilla) y de Electron (splendor del Sol); era hermana de las harpias y de Aëlleo (tempestad). Este símbolo recordaba que para observar el arco-iris es necesario que resplandezca el Sol y que el tiempo esté lluvioso.—Observemos aun algunos detalles históricos curiosos.

Aunque Iris era mensajera de Juno, se vé por la Iliada que el rey de los Dioses recurría tambien algunas veces á ella. Las divinidades no podian en efecto tener un enviado mas lindo. Servía de ceñidor á los dioses; los poetas la representaban adornada con los colores mas hermosos y se le atribuía, en fin, la formacion de las nubes lluviosas.

excepcion de la reparacion de los colores que no se determinó hasta el descubrimiento de Newton sobre la diversa refrangibilidad de los rayos del espectro solar.

Iris purificó á Juno cuando volvia del Tártaro. Los antiguos querian indicar sin duda con esto que la aparicion del arco-iris en la Atmósfera era un indicio de salubridad. Algunas veces, sin embargo, le presentaban como mensajero de la Discordia.

Urano fue vencido por Krono, armado de una inmensa hoz celestial que no era otra cosa que el arco-iris.

Para los escandinavos el arco-iris es un un puente de tres colores de mucha solidez, echado de la tierra al cielo, y por medio del cual los gigantes han tratado mas de una vez de escalar la mansion de los dioses. Pero el surco de fuego trazado en su mitad, es un obstáculo para el paso de los gigantes. Heimdall, nacido de siete mujeres, guarda este puente celestial.

Los teólogos, y entre otros San Basilio, veian en los tres colores del iris un símbolo de la Trinidad. Muchos Santos Padres, no reconocian en él, sin embargo, mas que dos colores; el azul y el rojo, que para ellos eran emblemáticos de las dos naturalezas de Cristo etc. Se comprende que todas estas fantasías no eran muy apropósito para preparar la teoria científica.

CAPÍTULO VI.

ANTELIOS.

Espectros.—Sombras en las montañas.—Círculo de Ulloa.—Círculo estudiado en globo.

Hasta el presente, los tratados de meteorología no han tenido el orden necesario en la clasificación de los diversos fenómenos ópticos del aire. Aparte de esto algunos de los fenómenos solo se han observado raras veces, y su estudio habia sido insuficiente para esta clasificación. Sin embargo el método de descripción científica es de bastante importancia para que nos detengamos un momento á explicarlos, puesto que esta es una gran condición de claridad en un estudio tan complejo.

Acabamos de examinar el frecuentísimo fenómeno de la producción del arco-iris y hemos visto que se produce por la refracción y la reflexión de la luz en gotas de agua, y que se manifiesta en la parte *opuesta* al Sol ó al astro luminoso. Vamos ahora á considerar algunos fenómenos mas raros, pero que ofrecen con el arco-iris la analogía de manifestarse tambien en la parte *opuesta* al Sol. Estos diversos efectos ópticos, los reuniré aqui bajo el nombre de *antelios* (de *αντι* opuesto y *ἥλιος* sol).

Los fenómenos ópticos que se producen del mismo lado del Sol, como los halos, los parelios etc. formarán el objeto del siguiente capítulo.

Antes de llegar á los antelios propiamente dichos ó á

los círculos coloreados que aparecen alrededor de una sombra, es bueno indicar los efectos producidos en la parte opuesta al Sol sobre las nubes ó los vapores en el orto y el ocaso del astro del día.

En las altas montañas se ve con frecuencia la sombra de la montaña misma dibujarse en las nieblas inferiores ó en las montañas próximas en la parte opuesta al Sol, cuando este está casi horizontal. He visto claramente la *sombra del Righi* proyectarse con gran precisión sobre el monte Pilato situado al Oeste del primero, al otro lado del lago de Lucerna. Este fenómeno se produce algunos minutos después de la salida del Sol, y la forma triangular del Righi se delinea de tal modo que es facilísimo reconocerlo.

La sombra del *Monte Blanco* se ve más fácilmente al ponerse el Sol. En una de sus ascensiones científicas, la observaron Bravais y Martins en una situación muy favorable. Se dibujaba sobre las montañas cubiertas de nieve y se elevó gradualmente en la Atmósfera hasta alcanzar la altura de un grado, manteniéndose aun entonces perfectamente visible: el aire por cima del cono de sombra estaba teñido del color rosa púrpuro que tiñe, en las posturas de sol hermosas, las altas cimas. «Si se imagina, dice Bravais, que las otras montañas proyectaban también en este mismo momento, su sombra en la Atmósfera, que esta sombra era oscura y algo verdosa y que por cima de ella se veía la capa rosáceo púrpura, con el ribete rosado oscuro que las separaba; si se añade á esto la precisión del contorno de los conos de sombra, y principalmente de su arista superior, y por último que según las leyes de la perspectiva todas estas líneas convergían unas con otras y hacia la misma cúspide de la sombra del Monte Blanco, es decir hacia el punto del cielo donde debían proyectarse las sombras de nuestros cuerpos, se tendrá una idea, bien incompleta por cierto, del riquísimo fenómeno meteorológico que se desplegó ante nosotros durante algunos momentos. Parecía que un ser invisible estaba sentado en un trono de fuego y que una porción de ángeles de rutilantes alas, le adoraban de rodillas inclinándose hacia él. A la vista de tal magnificencia, nuestros brazos y los de nuestros guías

quedaron inactivos y se escaparon de nuestros pechos gritos de entusiasmo.»

Entre los fenómenos naturales que se ofrecen á nuestras miradas, sin sorprendernos y sin llamarnos la atención, se ven á veces algunos que tienen los caracteres de una intervencion sobrenatural. Los nombres que se les han dado testifican aun el terror que inspiraban en otras épocas; y aun hoy mismo que la ciencia les ha despojado de su origen maravilloso y ha explicado las causas de su produccion, estos fenómenos ven conservada parte de su primitiva importancia y se acogen por los sabios con tanto interés como cuando eran considerados como los efectos inmediatos del poder divino.

Entre los muchos que existen de esta especie debemos empezar por la indicacion del *Espectro del Brocken*.

El Brocken es la montaña mas elevada de la pintoresca cadena del Hartz en el reino de Hannover. Tiene una elevacion de 3 300 pies próximamente sobre el nivel del mar y desde su cumbre se descubre una llanura de 70 leguas de estension que ocupa casi la vigésima parte de Europa y cuya poblacion es de 5 millones de habitantes (1).

Una de las mejores descripciones de este fenómeno es la que de él ha dado el viajero Hane, que le observó el 23 de mayo de 1797. Despues de haber subido mas de treinta veces á la cumbre de la montaña, tuvo el gusto de contemplar al fin el objeto de su curiosidad. El sol salia á las cuatro de la mañana y el tiempo estaba sereno: el viento barria hácia el Oeste algunos vapores transparentes que no habian podido aun convertirse en nubes. Hácia las cua-

(1) Desde las épocas históricas mas remotas, el Brocken ha sido teatro de grandes maravillas. Aun se ven en su cima bloques de granito que se designan con los nombres de *silla y altar de la hechicera*; un manantial de agua clarisima se llama *la fuente mágica* y la anémona del Brocken es para el pueblo, *la flor de la hechicera*. Puede comprenderse que estas denominaciones deben su origen á los sitios del gran idolo que los sajones adoraban en secreto en la cuspide del Brocken, cuando ya el cristianismo dominaba en el llano. Y como el punto donde se celebraba este culto debia ser muy frecuentado, es indudable que el espectro, que hoy le visita tantas veces al salir el Sol, se veia tambien en estas remotas épocas. Así es que la tradicion anuncia que este espectro tenia su participacion en los tributos que pagaba una supersticion idólatra.

tro y cuarto el viajero vió en esta direccion una figura humana de proporciones monstruosas. Una ráfaga de viento le hizo temer que se le escapase el sombrero y llevó la mano á él: la colosal figura hizo el mismo ademán. Hane hizo inmediatamente otro movimiento bajándose y tambien este movimiento fué reproducido por el espectro. El viajero llamó entouces á otra persona. Esta se reunió á él, y habiéndose colocado ambos en el mismo sitio desde donde habia visto la aparicion la primera vez, dirigieron sus miradas hácia el Achtermanshohen; pero no vieron nada. Poco despues dos figuras colosales aparecieron en la misma direccion, reprodujeron los ademanes de ambos espectadores y desaparecieron.

Hace algunos años (en el verano de 1862), un artista francés M. Stroobant ha podido observar y dibujar con cuidado este fenómeno. El observador habia dormido en la posada del Brocken; hizo que le despertaran á las dos de la madrugada y recorrió la cúspide de la meseta acompañado de un guia. Llegaron al borde de un punto culminante en el momento en que la primera claridad del Sol saliente permitia distinguir con precision los objetos colocados á una distancia bastante grande. «Mi guia, dice M. Stroobant, que hacia algun tiempo andaba buscando, mirando á derecha é izquierda me llevó de repente hácia una elevacion desde donde tuve el singular placer de contemplar durante algunos instantes el magnífico efecto de óptica que se llama el espectro del Brocken. El efecto es conmovedor. Una bruma espesa que parecia salir de las nubes como un telon inmenso se elevó de repente al Oeste de la montaña: se formó un arco-iris y luego se dibujaron unas formas indecisas. Primero la torre de la posada que se veia reproducida en proporciones gigantescas, despues nuestras dos siluetas mas vagas y menos correctas. Todas estas sombras arrojadas, tenian en sus límites los colores del arco-iris que servia de marco á este mágico cuadro. Algunos viajeros que estaban en la posada habian visto desde las ventanas la salida del Sol en el horizonte, pero solo nosotros habíamos asistido á la gran escena que se presentaba en el otro lado de la montaña.

Algunas veces estos espectros están rodeados de arcos concéntricos de colores. Los tratados de meteorología designan desde el principio de este siglo con el nombre de *Círculo de Ulloa* el arco exterior pálido que rodea el fenómeno, y algunas veces se ha dado también á este mismo círculo el nombre de «arco-iris blanco». Pero no se forma á la misma distancia angular que el arco-iris, no es siempre único y aunque pálido, sirve de marco muchas veces á una série de anillos colocados interiores.

Ulloa se hallaba al nacer el día en el Pambamarca con seis compañeros de viaje; la cumbre de la montaña estaba totalmente cubierta de espesas nubes; al salir el Sol se disiparon estas y solo quedaron en su lugar ligeros vapores que era casi imposible distinguir. De repente por el lado opuesto á aquel por donde salía el Sol cada viajero vió á una docena de toesas del sitio donde estaba, su imagen reflejada en el aire como en un espejo. Esta imagen estaba en el centro de tres arcos-iris, teñidos de diversos colores y cercados á una corta distancia por un cuarto arco de un solo color. El color mas central de cada uno de los arcos era rojo; la tinta próxima anaranjada; la tercera amarilla, la cuarta color de paja, la última verde. Todos estos arcos eran perpendiculares al horizonte; se movian y seguian por todas partes á la persona cuya imagen rodeaban como un marco de gloria.» Lo mas notable era que aun cuando estaban reunidos en un solo grupo, cada uno de ellos solo veia el fenómeno relativamente á su persona, y parecia dispuesto á negar que se repitiese para los otros.

La estension de los arcos aumentaba progresivamente en proporcion á la altura del Sol; al mismo tiempo se amortiguaban los colores, los espectros se hacian cada vez mas indecisos y por último el fenómeno desapareció enteramente. Al principio de la aparicion, la figura de los arcos era ovalada: hácia el fin era completamente circular.

La misma aparicion se ha observado en las regiones polares y se ha descrito por Scoresby. Segun sus observaciones, el fenómeno se presenta siempre que hay simultáneamente niebla y sol. En los mares polares, cuando se eleva del mar una capa de bruma ligera, un observador, coloca-

do en el palo de mesana percibe uno ó muchos círculos en la niebla. Estos círculos son concéntricos y su centro común se encuentra sobre una línea recta que va desde el ojo del observador á la niebla por el lado opuesto al Sol. El número de los círculos varia de uno á cinco; son tanto mas visibles y mas coloreados cuanto mas brillante es el Sol y mas espesa y mas baja la niebla. El 23 de julio de 1821 Scoresby vió cuatro círculos concéntricos alrededor de su cabeza. Los colores del primero y el segundo eran muy vivos: los del tercero solo se veian por intervalos y eran muy débiles; el cuarto solo tenia una ligera tinta verdosa.

El meteorologista Kaemtz ha observado frecuentemente el mismo fenómeno en los Alpes. Cuando su sombra se dibujaba sobre una nube, su cabeza aparecia rodeada de una aureola luminosa.

El fenómeno se presenta siempre que hay á la vez sol y niebla. Esto sucede con frecuencia en las montañas. Cuando nuestra sombra se proyecta sobre la bruma, nuestra cabeza dibuja una silueta de sombra rodeada de una aureola luminosa.

A qué efecto de la luz se debe este fenómeno? Bouguer manifiesta la opinion de que se debe al paso de la luz á través de partículas heladas. Tal es tambien la opinion de Saussure, de Scoresby y de otros meteorologistas.

En las montañas, como no se puede demostrar el hecho llegando á las nubes, no pueden hacerse mas que congeturas. Seria necesario para tener seguridad transportarse á las nubes por medio de un globo. De este modo, atravesando las nubes de parte á parte, estando en medio de ellas y pasando por los mismos puntos en que la aparicion se verifica, seria fácil darse cuenta del estado en que se encontraban. La observacion que he podido hacer por mí mismo me ha permitido tener la esplicacion del fenómeno.

Al mismo tiempo que el globo navega arrastrado por la corriente su sombra corre por el campo ó por las nubes; esta sombra ordinariamente es negra como todas las demas. Pero alguna vez sucede que se destaca en claro sobre el fondo del campo y de este modo parece luminosa.

Examinando esta sombra por medio de un anteojo he observado que con mucha frecuencia se compone de un núcleo oscuro y de una penumbra en forma de aureola. Esta aureola frecuentemente muy ancha relativamente al diámetro del núcleo central, le borra á simple vista, de tal modo, que la sombra entera parece una nebulosa circular que se proyecta en amarillo sobre el fondo verde de los bosques y de los prados. He observado que generalmente esta sombra luminosa es tanto mas marcada cuanto mayor es la humedad en la superficie del suelo.

En las nubes esta sombra presenta á veces un aspecto extraño. Me ha sucedido en algunas ocasiones saliendo del seno de las nubes y llegando á un cielo sereno, observar de repente á 20 ó 30 metros de distancia otro globo perfectamente delineado destacándose en gris sobre el fondo blanco de aquellas. Este fenómeno se manifiesta en el momento en que se vuelve á ver el Sol. Se distinguen los menores detalles de la armadura de la barquilla, y la sombra de las personas reproduce perfectamente los ademanes de estas.

El 15 de abril de 1868 hácia las 3 y media de la tarde salíamos de una capa de nubes, cuando se nos apareció la sombra del globo rodeada de círculos concéntricos coloreados, cuyo centro era la barquilla. Se destacaba admirablemente sobre un fondo blanco amarillento. Un círculo azul pálido era el primero que rodeaba la barquilla en forma de anillo. Alrededor de este habia otro anillo amarillento; despues una zona rojiza agrisada, y por último como circunferencia exterior un cuarto círculo violado, que se desvanecía insensiblemente con la tinta gris de las nubes. Se distinguian los menores detalles: red, cuerdas de la barquilla, instrumentos. Cada uno de nuestros ademanes le reproducian inmediatamente las imágenes del espectro aéreo. Levanto el brazo de repente; uno de los espectros aéreos levanta el suyo. Agita mi aeronauta la bandera francesa y el piloto del otro globo nos presenta el mismo estandarte... El antelio permaneció sobre las nubes, dibujado con bastante claridad todo el tiempo preciso para que yo tomase un croquis, en un diario de á bordo y pudiera estudiar el

estado físico de las nubes en las cuales se producía (1).

Este fenómeno, no difiere esencialmente del que se ha designado con el nombre de círculo de Ulloa y del cual acabamos de hablar hace un momento, y la analogía es tan grande que acabo de verle en un tratado moderno de física designado con el nombre, demasiado lisonjero para mí, de *Círculo de Flammarion*. He podido determinar directamente las circunstancias de su producción. En efecto, como este brillante fenómeno óptico se producía en las mismas nubes en medio de las cuales navegaba me ha sido fácil ver que estas nubes no estaban formadas de partículas heladas: el termómetro marcaba 2 grados sobre cero. El higrómetro indicaba un máximo de humedad (77) á 1 150 metros y el globo estaba entonces á 1 400, á cuya altura la humedad era únicamente de 73. Es, pues, indudable que este es un fenómeno de *difracción* de la luz producido sencillamente sobre las *vesículas de niebla*.

Se da el nombre de difracción al conjunto de las modificaciones que experimentan los rayos luminosos cuando llegan á resbalar en la superficie de los cuerpos. La luz experimenta en estas circunstancias una especie de desviación al mismo tiempo que se descompone de lo cual resultan en la sombra cuerpos de aspecto muy curioso que se han observado por primera vez por Grimaldi y Newton.

Los fenómenos mas interesantes de la difracción son los que presentan los *enrejados*. Se llama así á un sistema de aberturas lineales muy estrechas colocadas unas al lado de otras á muy corta distancia. Se puede construir un sistema de esta especie trazando, por ejemplo, sobre una placa de vidrio con un diamante trazos equidistantes. La luz puede pasar por los intervalos de los trazos mientras que se detiene en aquellos puntos en que el diamante ha quitado el brillo al vidrio y se tiene en realidad un sistema de aberturas muy próximas. Se pueden obtener así con facilidad cien trazos en la longitud de un milímetro. La luz se descompone entonces en espectros que se sobreponen los unos

(1) En los *Viajes aéreos* que he publicado en colaboración con los señores Glaisher, Fonvielle y Tissandier, 2.^a parte, pág. 292, aparece una lámina iluminada de este curioso fenómeno.

á los otros. Un fenómeno de esta especie es el que se observa mirando una luz con los ojos entornados: las pestañas en este caso sirven de enrejados.

Los enrejados pueden producirse tambien por reflexion y á esta circunstancia se deben los brillantes colores que se observan haciendo que un haz luminoso se refleje sobre una superficie metálica estriada con regularidad.

Tambien se deben atribuir al fenómeno de los enrejados los brillantes colores que algunas veces presenta el nácar. Esta sustancia es de estructura foliácea y como al trabajarla se cortan estas diferentes hojas, el corte viene á formar un verdadero enrejado. Tambien se debe á un fenómeno semejante la irisacion que presentan las plumas de ciertos pájaros y algunas veces los hilos de araña. Estos últimos, no obstante ser tan finos no son simples; están formados por un gran número de hebras unidas unas á otras por una sustancia viscosa y constituyen tambien así una especie de enrejado.

Cuando el Sol está cerca del horizonte y la sombra del observador cae sobre la yerba, sobre un campo de cereales ó sobre otra superficie cubierta de rocío se observa una aureola cuya luz es muy viva sobre todo en la proximidad de la cabeza, y que va disminuyendo á partir de este centro. Este resplandor se debe á la reflexion de la luz por la yerba mojada y por las gotas de rocío; es mas viva alrededor de la cabeza porque la yerba situada en la proximidad de la sombra de la cabeza manifiesta toda su parte alumbrada, mientras que la mas lejana manifiesta partes iluminadas y otras que no lo están, lo cual disminuye su claridad proporcionalmente á su distancia á la cabeza.

Mi ilustrado colega de la Sociedad de ciencias naturales de Strasburgo M. Gay (Boletín de esta academia, noviembre de 1868), observó en la Gran Cartuja un fenómeno análogo al que acabo de describir.

Era el 3 de setiembre de 1868. El narrador se hallaba hácia las cinco de la tarde, con muchas personas en la estrecha plataforma que termina el Grand-Som (2 033 metros de altitud), cuyas paredes se levantan á pico por cima de la Gran Cartuja. Las nubes que nos envolvian á cada

instante, dice, no nos dejaban percibir mas que á intervalos el magnífico panorama que desde allí se descubre con un tiempo claro. El Sol estaba próximo á ponerse detrás de las montañas que forman el Desierto, cuando al volvernos del lado de Saboya fuimos testigos de un hermosísimo espectáculo: nuestra sombra y la de la cruz plantada en la cima se proyectaban algo aumentadas sobre la nube rodeadas de un círculo irisado. Podíamos ver claramente nuestros movimientos reproducidos por la sombra: parecia estar á una centena de pasos de nosotros y un poco mas baja: se destacaba sobre un fondo fuertemente iluminado, á excepcion del cono formado por la sombra de la montaña; un círculo que presentaba todos los colores del espectro con el violado por dentro y el rojo por fuera la rodeaba completamente y se percibia muy bien aun sobre el cono oscuro formado por la sombra del Grand-Som. Desgraciadamente las nubes cambiaban de sitio continuamente y el fenómeno desapareció bien pronto para volver muy vivo, pero muy fugaz, algunos momentos despues.

Un fenómeno de la misma especie se ha observado en el Monte Cervino por M. E. Whymper. Era despues de la catástrofe de 14 de julio de 1865 y por una singular correspondencia dos inmensas *cruces aéreas* se proyectaban dentro del círculo exterior, único y blanco. Estas cruces estaban formadas sin duda por la interseccion de círculos, el resto de los cuales permanecia invisible. La aparicion ofrecia un carácter grandioso y solemne, que se realizaba aun por el silencio de los abismos insondables en cuyo fondo se habian precipitado los cuatro infelices viajeros.

En diversas ocasiones se ha observado de un modo imperfecto y aproximado este mismo efecto de óptica mas ó menos completo. Consultando acerca de este punto las actas de la Academia encuentro la observacion hecha el 23 de octubre de 1866 á las 7 y media de la mañana por un oficial de ingenieros, M. Moulin, que iba á caballo al polígono de Versailles. El foso que contornea el camino, estaba lleno de una niebla densa. En la parte opuesta al Sol el observador percibió un disco brillante rodeado de fajas irisadas, que se dibujaba claramente á una distancia aparen-

te de 30 metros y algo mas bajo. En el centro divisó despues la silueta de su busto sobre el caballo, y que la cabeza era el centro de aquella corona antisolar: el autor supone que este efecto de óptica es semejante al arco-iris; pero seguramente era un antelio de la misma clase que el que he descrito y explicado antes.

En otras condiciones se manifiestan otros efectos ópticos análogos. Asi por ejemplo si volviendo la espalda al Sol, se mira al agua se vé muy bien la sombra de la cabeza muy deformada siempre; pero al mismo tiempo se vé que salen de esta sombra como rayos luminosos bastante intensos que vibran, irradiando en todos sentidos con una gran rapidez y hasta una gran distancia. Estos haces luminosos, estos rayos de aureola, tienen además del movimiento vibratorio, otro movimiento rápido, de rotacion, alrededor de la sombra de la cabeza y el sentido de rotacion es inverso á cada lado de la sombra.

Vamos á llegar ahora á un órden de fenómenos ópticos mas curiosos aun, y sobre todo mas complicados que los precedentes.

CAPITULO VII.

HALOS.

Parelios, paraselenes, círculos que rodean y atraviesan el Sol.—Coronas:
Columnas: fenómenos diversos.

El panorama de los fenómenos ópticos del aire nos trae ahora á uno de los efectos mas singulares y mas complicados de la reflexion de la luz en el mundo atmosférico.

Se designa bajo el nombre de *halo* (*αλωσ* área), un círculo brillante que, en ciertas condiciones atmosféricas, rodea al Sol por todas partes á una distancia de 22° á 46° ; y se llaman *parelios* ó falsos soles (*παρα* próximo y *ἥλιος* sol) ciertas manchas luminosas de color ordinariamente rojo, amarillo y verdoso que se manifiestan á su derecha y á su izquierda á la misma distancia de 22° próximamente, y que tienen alguna semejanza, aunque á la verdad muy grosera con el mismo astro. Las mismas apariciones pueden producirse alrededor de la luna; y aun es mas fácil observarlas, por la tibia suavidad de su luz que permite examinar sin trabajo las zonas que la rodean. Estas manchas luminosas toman entonces el nombre de *paraselenes* (*παρα* próximo y *σελήνη* luna) ó falsas lunas. Estos dos casos no difieren entre sí mas que por la intensidad de la luz en el astro que las origina; es una diferencia análoga á la que puede observarse entre los arco-iris ordinarios y los que se producen á la luz de la luna.

Además del halo y de los dos parelios pueden formarse todavía en el cielo otra multitud de círculos, arcos, fajas, ó manchas luminosas, de mas ó menos brillo y que entonces acompañan al halo.

Todo el mundo sabe que cuando se presenta un prisma triangular de vidrio á la accion de los rayos solares, una parte de la luz incidente se refleja en las caras del prisma como sobre un espejo, y otra parte penetra en su interior y sale en una direccion diferente de la que antes tenia, produciendo una imágen coloreada.

Sobre este hecho, ha fundado Mariotte, de quien hemos hablado ya, la esplicacion del fenómeno que nos ocupa.

La causa de los halos, segun él, existe en ciertos filamentos de nieve en forma de prismas triangulares equiláteros. Estos prismas pueden orientarse en la Atmósfera de todas las maneras posibles: entre ellos se encuentran algunos cuya posicion es tal que producen el mínimo absoluto de desviacion en los rayos, que, penetrando por una de las tres caras laterales del prisma salen atravesando una de las otras dos. Mariotte ha demostrado que á una distancia angular del Sol igual á esta desviacion mínima, que es de 22° , debe formarse un círculo brillante: este es el halo ordinario. Si por una causa cualquiera todos los prismas se ponen verticales, no se verifica el halo y le reemplazan los dos parelios.

Los arcos tangenciales que se ven cerca del halo ordinario, el halo de 46° de radio y el círculo parélico se han explicado por Young, en la hipótesis de que, en ciertos casos, los prismas pueden colocarse de modo que sus ejes sean horizontales.

Hace veinte años, el laborioso Bravais ha consagrado á la investigacion de estos fenómenos un trabajo sintético que puede servirnos aquí de guia. La teoría de estos fenómenos es bastante complicada y exige alguna atencion para que se comprenda bien. Voltaire confesaba que tenia necesidad de leer dos veces las cosas para comprenderlas con exactitud, y tal vez es esta la ocasion de que le imiten, al menos

aquellos que no se crean superiores en perspicacia al malicioso filósofo de Ferney.

Cuando un halo se dibuja en el cielo, se perciben por lo comun ligeras nubes llamadas *cirris* (con las cuales trabaremos bien pronto conocimiento), y sobre ellas es sobre las que parece pintarse el meteoro. Algunas veces estos *cirri* se funden de tal modo en una masa única que la vista no puede percibir sus contornos; un vapor blanquecino ocupa el cielo, sobre todo en la parte próxima al astro del dia; el color azul de la Atmósfera ha desaparecido y en su lugar se vé una especie de niebla lijera cuyo brillo en ciertas ocasiones no puede soportar la vista. Pero estas nubes de nieve filamentosas diseminadas en las alturas del aire, están muy lejos de nosotros, de modo que era bastante difícil indicar su verdadera naturaleza. Se comprende, pues, que durante mucho tiempo haya podido ignorarse el origen de este meteoro, y sin duda esta es una de las causas de que los halos y los paelios se hayan considerado en otros tiempos como fenómenos maravillosos, señales de la cólera divina, presagios de la muerte de príncipes, etc.

No basta que las nubes de las elevadas capas atmosféricas estén formadas por filamentos de nieve para que se presente el fenómeno del halo, se necesitan todavía las dos condiciones siguientes. La nube debe tener el espesor oportuno; muy delgada no se produciría el halo; muy gruesa se interceptaría la luz. Además es preciso que la cristalización del agua se haya verificado con lentitud, y que no la haya turbado el viento: con una cristalización rápida y por consiguiente confusa, las agujas pierden su transparencia, los ángulos de las caras la constancia de sus valores, y las superficies de entrada ó de salida su pulimento. Por lo demás, esta aparición es menos rara de lo que parece. Se puede calcular que en nuestros climas el número de dias que presentan el fenómeno al menos en estado rudimentario, es de 50 al año y en el Norte de Europa este número es mas considerable todavía.

La forma mas sencilla de los cristales de hielo, de nieve ó de escarcha, la que se manifiesta al empezar la cristalización, es la de un prisma recto exagonal, terminado por

bases perpendiculares á las caras, las cuales son rectángulos.

Estas formas sencillas se presentan sin embargo muy raras veces en las nevadas, lo cual depende de que antes de llegar al suelo, cristalizaciones laterales debidas á la condensacion de las capas inferiores, se juxtaponen al núcleo primitivo.

El prisma recto exagonal basta para todas las manchas ó curvas cuya aproximacion se ha observado con puntualidad.

El halo con todos sus aspectos, se explica admitiendo que los cristales de nieve ó de hielo caen con lentitud en una atmósfera tranquila.

Se debe, pues, sencillamente á la reflexion de los rayos solares en cristalizaciones de hielo. La disposicion de los prismas que constituyen estas, es la causa de la diversidad de sus formas. Se pueden agrupar en tres casos todas las situaciones de estas agujas de hielo en la Atmósfera. 1.º Prismas de orientacion indiferente: 2.º Prismas de ejes verticales; 3.º Prismas horizontales.

Para darnos cuenta de la produccion de los fenómenos, como lo hicimos al tratar del arco-iris, empecemos por el primer caso y veamos sus efectos.

Si hacemos girar á un prisma sobre sí mismo, se vé que el rayo que sale de este prisma forma un ángulo variable con el que entra en él: hay, pues, cierta posicion en que el rayo que entra y el rayo que sale forman entre sí el menor ángulo posible: este es el mínimo de desviacion. Ahora bien, colocado ya el prisma en esta posicion se le puede hacer girar un poco mas ó un poco menos sin que la direccion del rayo refractado varíe sensiblemente.

Si un prisma de esta especie gira sobre sí mismo en la Atmósfera, es claro que saldrán de él rayos que llegarán á nuestra vista para desaparecer inmediatamente despues; pero segun la observacion que acabamos de hacer es evidente que el rayo herirá la retina el mayor tiempo posible, cuando la desviacion del rayo sea la menor que pueda tener. Si el número de prismas es muy grande recibiremos los rayos refractados por un prisma en el momento en que

los del otro desaparecen; de modo que la impresion en nuestra vista será persistente aunque los rayos no procedan de los mismos cristales.

Un rayo solar penetra en un prisma triangular por la cara A (fig. 15) y sufre una desviacion. Su parte violada

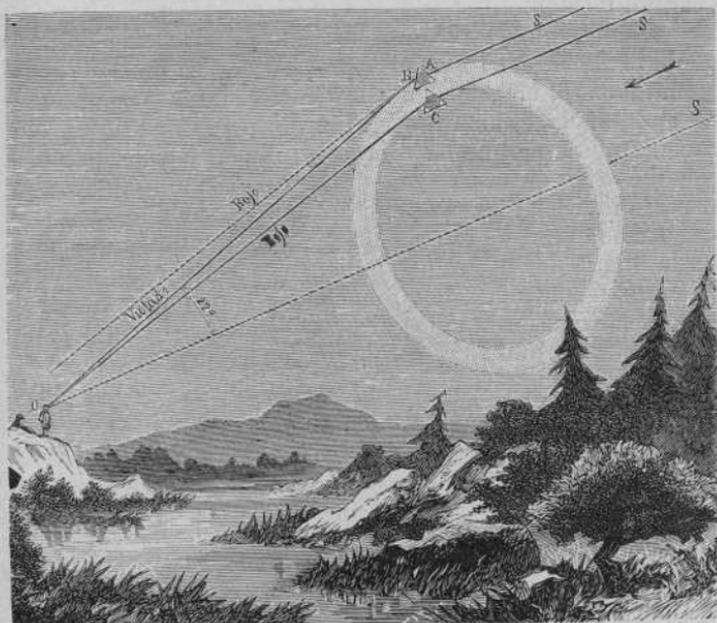


Fig. 15.—Teoria del halo.

sale por la cara B y llega al ojo del observador colocado en O. Otro prisma C colocado mas cerca de la direccion OS del Sol, enviara los rayos rojos que son los menos refrangibles, de modo que en definitiva el cono que pase por A aparecerá violado, el cono que pase por C rojo y la zona intermediaria estará teñida por los colores intermedios.

La refracción de los rayos solares producirá pues alrededor del astro y á la misma distancia una série de impresiones luminosas. La desviación es próximamente de 22° y no es la misma para todos los colores; el cálculo acorde con la observación da $21^\circ 37'$ para el rojo, que es como se ha dicho ya, el menos refrangible; $21^\circ 48'$ para el amarillo; $21^\circ 57'$ para el verde; $22^\circ 10'$ para el azul, y $22^\circ 40'$ para el violado.

Este círculo de 22° que se forma así alrededor del Sol y de la Luna, es el *halo ordinario*, el que se presenta más comunmente. El rojo está por dentro; después se observa el anaranjado, el amarillo y el verde; pero estas tintas van debilitándose porque las diluye la influencia de los prismas que no están en la posición de la desviación mínima y el círculo interior rojo es el que queda más visible.

Como el Sol no es un sencillo punto luminoso, sino que cada una de las partes de su disco coadyuva á la producción del fenómeno, esta circunstancia contribuye también á mezclar más entre sí los diversos colores; así es que nunca están bien limpios y con la mayor frecuencia el halo se presenta bajo la forma de un anillo brillante, con una tinta rosacea en su lado interior, de 2 á 3° de anchura y rodeando por todas partes un arco circular oscuro, cuyo centro ocupa el Sol.

Por un efecto bien conocido de óptica un espectador que no estuviera prevenido de antemano, atribuiría al halo una forma elíptica, la de un óvalo alargado cuyo eje mayor fuese vertical. Pero esta ilusión que hace sufrir también el arco-iris cuando se le vé completo, desaparece ante las medidas angulares. A consecuencia de una causa análoga parece que el halo se estrecha á medida que el astro se eleva, lo mismo que la Luna pierde á cierta altura las proporciones gigantescas con que se presenta su disco en el momento de salir.

Además del halo de 22° de radio, se observa también otro cuyo diámetro parece sensiblemente doble del anterior.

Este se produce por la refracción de la luz á través de los ángulos diedros de 90° que las caras laterales de los

prismas forman con las bases, lo mismo que el anterior se produce en los ángulos de 60° . Se compone como este de anillos sucesivos, el primero de los cuales, el mas próximo al Sol, es rojo. Pero á consecuencia de una superposición de colores semejante á la que se produce en el halo de 22° , apenas se vé mas que un anillo rojizo en su lado interno y amarillento en el medio, mientras que el borde exterior aparece blanquecino y se desvanece de un modo vago con la iluminación general de la Atmósfera. La anchura total de este halo es bastante considerable; abarca cerca de 3° , entre los 45 y 48 de distancia al Sol, comprendiendo la luz blanca que le rodea.

Estos dos círculos se forman por la reflexion de la luz en los prismas de hielo orientados en todos sentidos. Veamos ahora lo que pueden producir los mismos prismas colocados verticalmente.

Cuando la reflexion de la luz se verifica en los ángulos diedros de 60° , que forman entre sí las seis caras de los prismas de hielo que caen verticalmente, hay produccion de dos parelios, uno á la derecha y otro á la izquierda del Sol, pero ambos á la misma altura que el astro luminoso. Para esplicarse este hecho es necesario establecer desde luego el principio de que la iluminación producida por un grupo de prismas de eje vertical, colocados en un modo cualquiera con relacion á sus caras laterales, es semejante á lo que produciria un prisma único girando rápidamente alrededor de su eje. Se comprende, en efecto, que de este modo el prisma pasa sucesivamente por todas las posiciones compatibles con la verticalidad del eje.

Cuando el Sol está en el horizonte, la distancia á que se forman estas imágenes, es precisamente el ángulo de desviacion mínima, ó en otros términos, el rádio del halo: si éste y los parelios se manifiestan á la vez, estos últimos aparecen situados precisamente en la circunferencia de aquel, y ocupan en altura una estension igual al diámetro del Sol. Las diversas tintas en este caso, son mas marcadas que las del halo: el amarillo y el verde se perciben distintamente; en cuanto al azul, está muy diluido y apenas es visible; el violado recubierto por los demás colores que-

da demasiado pálido para ser perceptible; todo ello termina por una cola de luz blanca, algunas veces poco visible, pero que puede adquirir una longitud de 10 á 20° y que se dirige á la parte opuesta del Sol, paralelamente al horizonte: esta última luz se debe á los prismas cuya posicion se separa considerablemente de la que corresponde á la desviacion mínima.

Cuando el Sol se eleva sobre el horizonte, los rayos luminosos atraviesan los prismas, moviéndose segun planos oblicuos, y la menor de las desviaciones que se producen durante la rotacion es superior al mínimo absoluto correspondiente al caso del Sol horizontal: de lo cual se deduce que los parelios deben separarse lentamente de la circunferencia del halo, á medida que la altura crece: pero por otra parte como el halo tiene una anchura bastante considerable y de cerca de 2° (comprendida la luz blanca que ribetea la parte exterior), los parelios no están completamente separados hasta que ha llegado el Sol á una altura de 25 á 30°.

El cálculo demuestra que la formacion de los parelios es imposible cuando la altura del Sol llega á 60°.

Los parelios son á veces sumamente brillantes, y su esplendor puede entonces compararse hasta cierto punto con el del mismo Sol; se comprende desde luego que cada parelio puede ser á su vez origen de otros dos que serán parelios de parelios ó *parelios secundarios*.

El efecto producido por la refraccion de la luz en los ángulos de 90° que dan el halo exterior, es mas notable aun. Los rayos solares que llegan oblicuamente á la base superior del prisma penetran en su interior, y salen por una de sus caras verticales.

Si se imagina, como ya lo hemos hecho para los parelios, que el prisma herido en su base superior por los rayos solares gira rápidamente alrededor de su eje, puede demostrarse por el cálculo que la luz emergente engendrará, una porcion de cono recto de eje vertical; de lo cual puede deducirse que el fenómeno óptico correspondiente en la esfera celeste será un arco luminoso paralelo al horizonte, y situado á una gran altura por cima del Sol.

El arco que se produce así y que se puede llamar *arco tangente superior del halo de 46°* ó mas brevemente *arco circumzenital*, merece una especial mención, porque es sin duda alguna la mas notable de todas las apariciones que pueden acompañar al halo; la vivacidad de sus tintas, la separación de sus colores, la limpieza con que sus contornos y sus límites estremos se destacan del cielo, hacen de él un verdadero arco-iris. El anillo rojo, de los varios que le componen es el mas próximo al Sol: el violado está en la parte cóncava del arco y del lado opuesto: la anchura de los diversos anillos es poco mas ó menos la misma que en el arco-iris, y algo menor, por consecuencia de la ilusión que produce su proximidad al zenit.

Cuando el halo de 46° se dibuja en el cielo, el arco circumzenital, aparece de ordinario como tangente en el punto culminante, de modo que el rojo del arco está en contacto con el rojo del halo, el naranjado, con el naranjado y así sucesivamente para los demás colores; pero con alguna frecuencia el arco circumzenital se manifiesta sin el halo de 46°, lo mismo que los parelios pueden aparecer sin el halo de 22°, aunque nazcan ambos de una misma especie de ángulos diedros.

Resulta del conjunto de observaciones hechas respecto de este arco que no se manifiesta jamás cuando la altura del Sol es inferior á 12° ó superior á 31°.

Tambien se calcula que los prismas al caer girando en la vertical pueden reflejar el Sol dibujando sobre la esfera celeste una faja luminosa horizontal que dé la vuelta completa al horizonte y que pase por el centro mismo del Sol. Como la reflexión especular no separa los colores que componen la luz blanca, este círculo será completamente blanco y su anchura aparente igual al diámetro del Sol. Tal es el origen del círculo blanquecino que se designa con el nombre de *círculo parélico*. En su circunferencia es donde se encuentran siempre los parelios ordinarios y los parelios secundarios situados próximamente á 45° del Sol; de aquí procede su nombre.

Algunas veces los rayos solares experimentan dos reflexiones sucesivas en las caras verticales de uno de los

prismas. Se ve entonces á 12° del Sol una imágen blanca mas ó menos difusa, que ha recibido el nombre de *paran-telio*.

Agreguemos por fin que los prismas de hielo dispues-tos *horizontalmente* en la Atmósfera, originan, por reflexio-nes y refracciones análogas á las precedentes, arcos tan-gentes que se manifiestan frecuentemente á cada lado del halo (1).

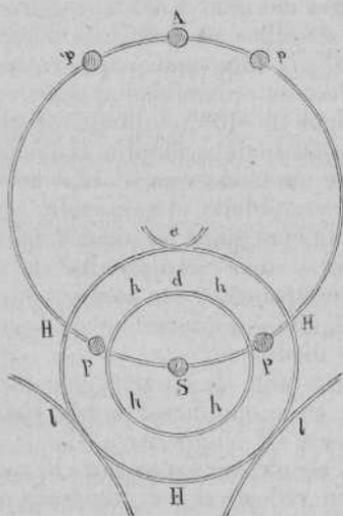


Fig. 16.—Proyeccion del halo observado en Rusia.

El gran halo mas característico y mas completo de los que se han observado hasta ahora, es el que Lowitz estudió en San Petersburgo el 29 de junio de 1790, desde las 7 y media de la mañana hasta treinta minutos despues de medio dia. Despues se han hecho observaciones como era

(1) Véanse las diversas posiciones y aspectos del halo en la nota V del Apéndice.

natural, pero ninguno ha sido mas hermoso que el que se manifestó entonces, ofreciendo á la vez todos sus caracteres. El que observaron en Pitno, en Suecia, los señores Bravais y Martins, el 4 de octubre de 1839, fue tambien muy notable aunque menos completo.

En su proyeccion se analiza mejor este fenómeno; se ve desde luego (fig. 16): 1.º el halo de 22 grados de diámetro *hhhh* alrededor del Sol S. En lugar de este círculo Lowitz vió dos que se cortaban arriba y abajo; en Noruega se han visto tres:

2.º El círculo de 46º *HHH*, que presenta colores mas marcados que el primero y un ancho doble:

3.º El círculo horizontal *SPHpApHP* que pasa por el Sol y da la vuelta al horizonte:

4.º Dos parelios *P* y *P* en el punto de interseccion del halo de 22 grados y del círculo horizontal, con el extremo rojo vuelto al lado del Sol y presentando prolongaciones semejantes á las colas de los cometas;

5.º Tres pseudelios *A pp* situados detrás del observador en el círculo horizontal;

6.º Aumento de energia en los colores en el punto culminante *d* del halo de 22º: apenas podia soportarlos la vista.

7.º El arco *a* convexo hácia el Sol y con colores muy vivos en el punto culminante *a* del halo mayor.

8.º Dos círculos *ll* tangentes al halo mayor; su anchura y su coloracion eran las del arco-iris.

Este halo notable es, segun hemos dicho, el mas completo de cuantos se han descrito. Pero el halo ordinario no es muy raro aun en nuestros climas relativamente meridionales. En Francia se ven al año unos cincuenta círculos solares ó lunarios de esta clase, la mayor parte de las veces pálidos é incoloros. Algunas apariciones mas brillantes merecen recordarse.

Desde 1833, se estudian en el Observatorio de Bruselas los diversos fenómenos ópticos de la Atmósfera. El mas curioso de los hechos observados es el que apareció en toda Bélgica el 28 de diciembre de 1840.

Hácia las 9 de la mañana se habia formado este halo alrededor del Sol; estaba muy bien marcado y ribeteado de colores. Los edificios ocultaban su parte inferior; en la estremidad del diámetro horizontal aparecia un parelio blanco, puro, intenso y achatado en sentido vertical. Un arco tangente á la circunferencia del halo y que por lo tan-

to volvía su convexidad al Sol, pasaba por la estremidad superior del diámetro vertical. Este arco, que tenía una forma mas bien parabólica que circular, era de un blanco mas vivo y mas brillante que el parelio, sobre todo en su punto de contacto con el halo. Hacia las 10 se habia formado otro parelio, mas débil que el primero en la estremidad opuesta del diámetro horizontal.

A las 10 y media el parelio occidental y la mayor parte del halo situado á este rumbo se habia borrado: y por el rumbo opuesto solo quedaba un ligero indicio del parelio; pero el arco tangente al halo y la parte superior de este que formaban juntos dos arcos iguales, en contacto por sus estremidades, aparecian mucho mas intensos. Despues se fueron apagando insensiblemente ambos arcos, y apareció de nuevo el parelio occidental. A medio dia no quedaba señal ninguna del halo; pero aun se veian á los lados del Sol dos manchas blanquecinas muy prolongadas en sentido horizontal, y que ocupaban el sitio de los parelios. Hacia la una de la tarde el fenómeno entero habia desaparecido.

En las inmediaciones de Génova, el 15 de setiembre de 1851 se observó un parelio magnifico que presentaba á la vez cuatro imágenes del Sol; la fotografia reprodujo este moteoro luminoso. Los habitantes del campo experimentaron al verle un vivo terror: creyeron que el Sol se multiplicaba para abrasar la Tierra.

Yo he observado en Paris, el 12 de mayo de 1870, hacia las diez de la noche, un halo lunar de un gran brillo, hallándose el astro en el meridiano. Era el círculo mayor de 46°, pero no se distinguian colores y no habia tampoco paraselenes. La aparicion duró hasta las 11. El cielo estaba puro; aparentemente no habia nubes; pero las estrellas estaban pálidas y si la presencia del halo no me hubiese demostrado la existencia de una capa de vapores estendida por la Atmósfera, este velo se me hubiera revelado por la opacidad relativa del aire. Al dia siguiente cayó en Paris una lluvia muy fina, y el tiempo estuvo lluvioso durante algunos dias.

El 23 de junio de 1870, se vió tambien en Inglaterra

un halo solar de una forma rara, y parelios dignos de mencion. Hé aquí el dibujo que se sacó en Nottingham á las 7 y 36 minutos de la tarde (fig. 17).

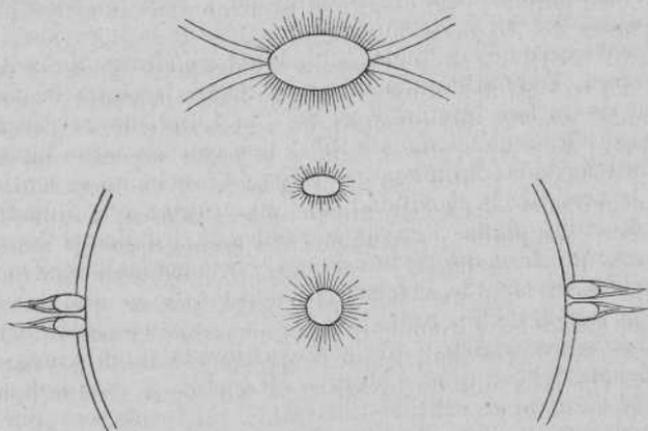


Fig. 17.—Parelios observados en Inglaterra el 25 de Junio. de 1870.

Por cima del Sol á la distancia de 22° aparecía una falsa imágen oval, sin color y poco brillante. A la distancia de 46° y á la misma altura que el Sol, sobre el horizonte, se veían dos falsos soles, dobles, muy brillantes y con los colores del iris. Eran ovalados y de cada uno de ellos se escapaba una especie de llama en direccion opuesta al Sol. En el punto culminante del círculo mayor, se veía además un inmenso parelio muy coloreado y de un esplendor difícil de soportar. Las fracciones del círculo se manifestaban como se vé en la figura. El fenómeno duró 20 minutos.

Puede verse en el Apéndice una relacion escogida de las principales observaciones hechas sobre este complicado efecto de óptica, relacion que sacho de los Anales meteorológicos de estos últimos años.

El estudio que acabamos de hacer del fenómeno general de los halos nos conduce á hablar ahora de otros efectos ópticos, cuya explicacion se aproxima mas ó menos á la de los precedentes.

Las *columnas* de luz blanca, las *cruces*, los diversos aspectos luminosos que se manifiestan á veces en el orto y el ocaso del Sol se deben á la influencia de la luz sobre una capa de cristales de hielo, situada en las alturas de la Atmósfera. Todo el mundo sabe que cuando se mira la imágen de un foco luminoso (el Sol, la Luna, un reverbero) que se forma oblicuamente sobre una capa de agua ligeramente agitada, la imágen se estiende mucho en el sentido de la vertical: la movilidad del agua origina una multitud de facetillas planas, cuyas normales se balancean continuamente alrededor de la vertical, en todas las direcciones posibles. Esta es la exacta reproduccion de lo que sucede en la region de una nube helada. Las pequeñas bases bruniadas de los prismas á que hemos atribuido antes la imágen reflejada del Sol que se observa en globo, se inclinan sin cesar en diversos sentidos; la imágen producida será, pues, tambien muy alargada, y su parte superior podrá, al salir ó al ponerse el Sol, elevarse muchos grados sobre el horizonte.

Este es el origen de las columnas de luz blanca que se vé formarse algunas veces en el momento de ponerse el Sol, y que crecen cada vez mas, á medida que el astro desciende. Es casi inútil agregar que cuando el Sol está por debajo del horizonte la reflexion se hace, no sobre las bases superiores de los prismas, sino sobre las inferiores.

El 22 de Abril de 1847, antes de la puesta del Sol, se observaron en París cuatro columnas luminosas de una estension de cerca de 15 grados cada una, que tenian el aspecto de una cruz cuyo centro ocupaba el Sol. Despues de ponerse éste, una de las cuatro columnas, la superior por supuesto, persistió algun tiempo todavía.

Su base es á veces bastante ancha para darles formas estrañas; asi fue que en 1816 mi querido amigo Couvier-Gravier, que se hallaba cerca de Festieux, á dos leguas de Laon, oyó á los habitantes del país, que miraban la salida

del Sol (era en el mes de Setiembre) que presentaba perfectamente un tricornio en vez de una corona. Aquellas buenas gentes decían en su sencillez con aquel motivo: «Bien vé usted que Napoleon volverá, puesto que el Sol nos enseña su sombrero.»

Cuando el Sol está cerca del horizonte, una porción del círculo vertical puede elevarse por cima del astro bajo la forma de una columna. El 8 de Junio de 1824 se vieron señales de esta clase en muchas partes de Alemania. En Dohna, cerca de Dresde, á las ocho de la noche, en el momento en que el Sol acababa de desaparecer detrás de las montañas, vió Lohrmann una banda luminosa perpendicular al arco crepuscular y semejante á la cola de un cometa. Esta columna tenía 30° de altura y 1° de anchura. Es mas raro ver una faja por debajo del Sol ó la Luna, y mas raro aun que un arco horizontal pase por el Sol, de modo que éste forme así el centro de una cruz. Roth ha visto este fenómeno de un modo muy claro en Cassell el 2 de Enero de 1856. Antes que el Sol saliera, una columna luminosa vertical, de una anchura igual al diámetro del astro, resplandecía en el sitio por donde aquel debía salir. Parecía una llama brillante, pero su resplandor era uniforme en toda su altura. Pronto se vió aparecer una imágen del Sol tan deslumbradora, que se creyó que era el Sol mismo; y apenas este parelio hubo alcanzado el horizonte, cuando el Sol salió inmediatamente por debajo, seguido de una repetición de la columna superior. Esta columna, con sus tres soles, permaneció siempre vertical. Los tres soles eran perfectamente iguales; pero el verdadero resplandecía mas. El fenómeno duró cerca de una hora.

Si el Sol, en vez de estar en el horizonte, está algunos grados por debajo de este plano, la columna luminosa que se eleva del pseudelio situado entonces bajo el horizonte, y por lo tanto invisible, puede llegar al centro del astro sin pasar de él sensiblemente. Entonces aparece una columna luminosa ascendente, que parece que lleva el disco solar en su parte superior; ejemplos de esto se tienen en las observaciones hechas por Parry en la isla de Melville el 8 de

Marzo de 1820, y por Sturm el 9 de Diciembre de 1869, etcétera.

Los resplandores verticales que, pasando por el centro del astro luminoso se extienden simétricamente por encima y por debajo sin unirse al horizonte por su base, y que acompañan al astro durante su curso aparente de Oriente á Occidente, parecen tambien debidos á la misma causa. Es fácil ver que se originan por los rayos reflejados dos veces sobre las bases horizontales de los primas verticales; con mayor generalidad se deben á un número par de reflexiones sucesivas. No aparecen nunca mas que para alturas inferiores á 25° , y se observan con muchísima frecuencia alrededor de la Luna que alrededor del Sol, circunstancia que depende, sin duda alguna, de la vivísima claridad de este último astro que disipa todas las demás claridades inmediatas. El caso inverso se verifica para las columnas que se manifiestan en el momento del ocaso, porque hallándose entonces el Sol bajo el horizonte, el meteoro se proyecta sobre un fondo incompletamente alumbrado, y puede aparecer en todo su brillo.

La combinacion del círculo parélico con la columna vertical que pasa por el centro del astro, produce el fenómeno de las cruces solares ó lunares, que se perciben con frecuencia sin que sea visible el halo de 22° . Puede suceder que los brazos de la cruz sean sensiblemente iguales; pero, frecuentemente, la longitud de los brazos horizontales es mas considerable que la de los brazos verticales.

Las columnas verticales y cruces lunares y solares se ven principalmente en las regiones boreales, durante los largos inviernos, que rodean estas regiones de nieves y de escarchas.

Las coronas que aparecen alrededor del Sol y de la Luna, cuando el aire no está puro, y pasan por delante de los astros gotitas de vapor vesicular ó nubecillas ligeras, no deben su origen á la refraccion, sino mas bien á la difraccion; tienen el rojo hácia fuera y el violado hácia dentro como el primer arco iris, y presentan colores colocados inversamente que los de los halos concéntricos á los astros. Los diámetros de las coronas del mismo color siguen la série de

los números 1. 2. 3. 4..... el diámetro del primer anillo parece algo mayor. Este diámetro, que varía de 1 á 4°, depende por otra parte del de las vesículas de agua interpuestas entre el astro luminoso y el observador. En general es azul y blanco hasta cierta distancia del astro; despues sigue un círculo rojo, y despues otros círculos coloreados, dispuestos como los anillos de Newton. Es necesario, para que el fenómeno se produzca, que existan cierto número de glóbulos de un mismo diámetro, y mucho mayor número de estos que los de los otros volúmenes. Si los diámetros de las esferillas de la nube no fuesen iguales en su mayor parte, el fenómeno no se produciría.

Se puede observar un efecto absolutamente igual cuando se mira un objeto luminoso á través de una placa de vidrio que se ha cubierto de licopodio, ó en menor escala, cuando se ha empañado con el aliento, recubriéndola de una ligera capa de humedad (1).

(1) Hé aqui otro fenómeno singular observado despues de ponerse el Sol, el 9 de julio de 1853 por M. Antonio d'Abbadie en Urrugne. He extractado de la narracion del observador los puntos que son de interés en este momento.

El martes 9 de julio, M. Goetse, astrónomo alemán, que vive conmigo, me hizo observar el insólito fenómeno de un gran número de puntos rojos en las nubes, un poco mas altos que el horizonte natural. Estábamos en un gabinete que se hallaba á 3 metros y medio por cima del suelo y á una altitud de 42 metros sobre el Océano. El cielo estaba enteramente cubierto, pero una luz indecisa alumbraba el horizonte. Eran las 8 y 25 minutos del tiempo medio. Lo mas notable era que aquellos discos rojos presentaban el aspecto de otros tantos soles bien redondos, dispuestos poco mas ó menos sobre una línea paralela al horizonte del Océano, y bien limpiamente espaciados en una estension considerable. En el primer momento conté diez y siete, espaciados con bastante regularidad, y dos completamente separados á la parte del Sur. Quise hacer un croquis del fenómeno, pero cuando pude ponerme á dibujar todo habia cambiado de aspecto. La mayoría de los discos redondos se habian convertido en polígonos irregulares y dos de ellos habian desaparecido poco á poco. Al empezar á deformarse despedian hácia el horizonte como una cascada de llamas, semejantes á las *glorias* que, escapándose de las nubes á la postura del Sol, se han reproducido frecuentemente por los pintores.

No obstante la rapidez con que variaba el meteoro, era conveniente hacer algunas observaciones precisas que pudieran servir de base á una teoría de este raro fenómeno. Bajamos á la pradera próxima, y despues de haber colocado como señal una lámpara encendida, tomé por medio

Las bases horizontales de los cristales de hielo reflejan también la luz solar, pero volviendo sus rayos hácia arriba en una dirección que no permite al observador recibirlos. Para esto sería necesario que estuviera en la cúspide de una montaña ó en la barquilla de un globo, y que desde allí dominase la nube de los prismas helados. Se comprende fácilmente que es difícil reunir todas estas condiciones. Se realizaron, sin embargo, para los Sres. Barral y Bixio el 27 de Julio de 1850. La imágen del Sol reflejada así, parecia casi tan luminosa como el astro mismo. Brabais propuso designar este notable y poco frecuente fenómeno, con el nombre de *pseudelio*.

A estos diferentes aspectos, debidos á la refraccion y á la reflexion de la luz en las capas atmosféricas, añadamos por fin la deformacion del Sol en el horizonte, que algunas veces presenta las apariencias mas estrañas, á consecuencia

de un sextante ángulos que fueron orientados á la mañana siguiente con un teodolito

Los diversos discos perdieron despues su brillo poco á poco, resolviéndose por lo general en largas luces horizontales. Las últimas se apagaron á las 8 y 30'. Poco á poco apareció un disco pequeño y muy brillante, se borró lentamente, y desapareció á las 8 y 52'. Otros cuatro discos aparecieron á las 8 y 53, y poco despues desapareció uno de los primeros y se formó otro por la parte del Sur. El último disco del lado Norte aumentó entonces de diámetro, y su altura aparente llegó hasta 33', cantidad que tuve que apreciar á ojo porque el horizonte estaba entonces demasiado oscuro para usar ningun instrumento. A las 9 y 2' el último disco del lado Sur continuaba creciendo y el último del Norte perdía su brillo de un momento á otro; perdiéndose al fin á las 9 y 4'. En fin, á las 9 y 18' la última luz roja del lado del Sur acababa de desaparecer, y la última del Norte no era mas que uno de esos cordones rojizos, débilmente marcados que se ven con frecuencia despues de la puesta del Sol, cuando el horizonte está nebuloso.

Todos estos fenómenos se verificaron, como se ha visto, en el período crepuscular; pueden esplicarse por soluciones circulares de continuidad en las nubes que daban paso á los rayos del Sol, pero he creído deber describirlos porque son efectos raros y no creo que hasta ahora se hubiese hecho mención de ellos. No he dicho nada del aspecto grandioso que presenta un rosario de perlas rojas engarzado en línea casi recta, en un cielo nebuloso y por cima de un horizonte claramente definido y relativamente bien alumbrado. Los pascantes á quienes agrada permanecer hasta tarde en las orillas del Océano, han visto raras veces un espectáculo tan variable y de tan magnífica intensidad como el del 9 de julio de 1853.

del defecto de homogeneidad de las capas inferiores y de los juegos singulares de la refracción. La fig. 18 reproduce una de las observaciones mas curiosas que se han hecho en este punto. Es la que los Sres. Biot y Mathieu han hecho en las orillas del mar, en Dunkerque.

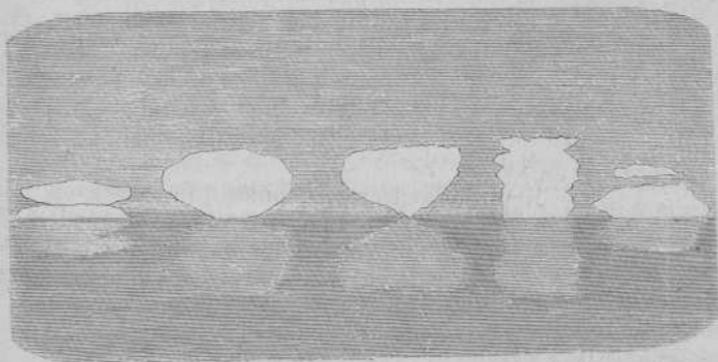


Fig. 18.—Aspectos presentados por el sol en el horizonte debidos á la refracción.

Todos estos brillantes metéoros no eran desconocidos de los antiguos. «Algunas veces, dice Plinio, se ven muchos soles al mismo tiempo, no encima ni debajo del astro, sino lateralmente. Nuestros padres tuvieron el espectáculo de tres soles bajo los consulados de Mucio y Postumio, de Marcio y Porcio, de Antonio y Dolabella, de Lépido y Plauco, y bajo el reinado de Cláudio.» (Plinio. Tomo II, capítulo 31). (1) Dando á estos metéoros el nombre de soles, los antiguos sabian tan bien como nosotros que su semejanza con este astro se limitaba á la forma, y que lánguidos

(1) Plinio termina el capítulo XXXI de su libro II, diciendo que en su tiempo no se han observado nunca mas de tres soles á la vez, y en el siguiente añade que tambien habian aparecido tres lunas, á que algunos habian dado el nombre de soles nocturnos, bajo el consulado de Cneo Domicio Enobarbo y Cayo Fanio Nepote (el año 632 de Roma ó 122 antes de J. C.)

y sin fuerza (Séneca) no tenían nada de su poder calorífico.

Los halos, parelios, cruces, coronas y apariciones fantásticas son, entre todos los fenómenos ópticos, los que mas han llamado la atención de los pueblos, y los que ocupan un lugar preferente en los anales meteorológicos suspensivos, en la historia de los fenómenos celestes. Asustados por estos aspectos insólitos, como por los espejismos, lluvias de estrellas, temblores de tierra, etc., los hombres, cuya vanidad ignorante se representaba á Dios bajo la forma de un viejo autócrata, sentado sobre las nubes, interpretaban estos fenómenos como otros tantos signos de la voluntad divina, ya compasiva, ya colérica. Muchos críticos del siglo pasado y del actual han negado esta aparición y declarado completamente falsas las curiosas relaciones de la edad media. Pero despues de haber completado estas relaciones, no se puede aceptar aquel espíritu de negación absoluta; lo único que hay es que estas narraciones han abultado, exagerado, variado la realidad de las cosas á consecuencia de los terrores causados por estos fenómenos misteriosos. Hay entre ellos muchos que aun tienen difícil explicación, á pesar del progreso de las ciencias; pero su inmensa mayoría entra en las clasificaciones que hemos adoptado aquí.

Es curioso recordar algunos.

La aparición de esta clase que ha hecho mas ruido en la historia de nuestra civilización cristiana es sin duda la del famoso *lábaro* de Constantino. Este emperador y su ejército fueron testigos, en su guerra contra Maximiliano Hércules (1), de la aparición de una *cruz brillante* que fijó en el Cielo los asombrados ojos de muchos millares de hombres. Los autores se han estendido poco sobre las circunstancias meteorológicas del fenómeno; sin embargo, observaron que el Cielo se hallaba cubierto de un velo gris, y

(1) El autor padece error en esta cita. El famoso lábaro con la inscripción «*in hoc signo vinces*» le vió Constantino, segun la historia, cuando marchaba no contra Maximiliano Hércules, sino contra su hijo Maguncio, á quien venció bajo los muros de Roma.

que el tiempo estaba lluvioso. Estas son las condiciones del halo. Podemos, pues, admitir perfectamente la realidad de la vision, pero dejándole su carácter puramente natural. Se concibe, sin embargo, perfectamente que impresionara al fundador del cristianismo político, y que la mirase como una manifestacion divina. La noche siguiente, Constantino volvió á ver la cruz en sueños, y al mismo tiempo un ángel que le mandaba tomar la cruz por enseña militar. Este sueño se explica tambien perfectamente. Lo que no puede esplicarse es la inscripcion leida por Constantino sobre aquella cruz luminosa: *IN HOC SIGNO VINCES*, ó por mejor decir, *en tuõro vics*, porque estaba en griego. ¿Creyó ver esta inscripcion en el mismo instante? Es posible. Su oficialidad que no sabia el griego apenas, y sus soldados, que ni siquiera sabian leer, pudieron, como el emplumado personaje de *La Linterna mágica* de Lafontaine, responder que veian *algo*, pero que no lo distinguian muy claro. Alguna disposicion parcial de las estrías nebulosas pudo dar lugar á la ilusion. Zonaras cuenta tambien que la víspera de morir Juliano el Apóstata, se vió una aglomeracion de estrellas que formaban las letras de la frase siguiente: *Hoy será Juliano muerto por los persas*..... Pero es mas probable que la incripcion de Constantino se redactase algun tiempo despues.

Los fenómenos ópticos de la Atmósfera, tales como los halos, parelios, paraselenes, arco-iris, etc., han representado siempre un papel muy principal en el misticismo de los metéoros. Los historiadores romanos mencionan un gran número. Esta historia de las apariciones prodigiosas es bastante curiosa para que la resumamos aquí, tomándola del reciente trabajo sobre la meteorología mística de nuestro sabio colega el doctor Grellois.

El año 636 de Roma, hácia el principio de la guerra de *Yugurta*, pocos antes de la irrupcion de los Cimbrios y los Teutones, se vieron en Roma tres soles. En 680, *estando el Cielo puro y sereno*, se vieron en el aire, por cima del templo de Saturno, tres soles y un arco-iris. Al mismo tiempo, los griegos y los cartagineses se unieron á Perseo, para combatir á los romanos. Cuando Octavio hizo su en-

trada en Roma en 710, el Sol se vió en medio de un cielo sereno, rodeado de un gran círculo semejante al arco-iris. ¿Es cierto que el cielo estaba puro en ambos casos? Seria bastante difícil comprobarlo.

En el mismo año brillaron simultáneamente tres soles: el mas bajo apareció rodeado de una especie de corona de espigas que deslumbró á toda la sociedad. El Sol, cuando volvió á quedarse solo, no tuvo, durante muchos meses, mas que una luz pálida y descolorida. Es decir que estos parelos fueron originados, como lo son siempre, por un cielo nebuloso, y que persistiendo mucho tiempo la humedad atmosférica, dejó á la luz del Sol un aspecto pálido y decaído. En el año 712 aparecieron tambien tres soles hácia la tercera hora de la tarde, *durante los sacrificios expiatorios*.

Los anales mencionan que el año 1118 de nuestra era bajo el reinado de Enrique II de Inglaterra, aparecieron al mismo tiempo dos lunas llenas, una á Levante y otra á Poniente. El mismo año venció el rey á su padre Roberto, duque de Normandía, y sometió este país.

En 1104 se manifestaron fenómenos atmosféricos que parecían resumir todos los prodigios aéreos: el cielo apareció frecuentemente encendido (se repitieron mucho los eclipses de Sol y Luna). Cayeron del Cielo á la Tierra muchas estrellas; aparecieron en el Cielo antorchas inflamadas, rastros de fuego y fuegos volantes, y se presentaron tambien nuevos astros. Los monumentos, las casas, los hombres, los rebaños, los campos y sus productos se vieron atacados por el rayo, el granizo y la tempestad. Ejércitos de fuego, tropas de caballería, legiones de infantería y ensangrentadas muchedumbres sostenian en el Cielo combates fantásticos.

En 1120, en medio de ensangrentadas nubes, *aparecieron un hombre y una mujer ardiendo*. Llovió sangre y se creyó llegado el dia del Juicio final (1). Estos prodigios anunciaban una guerra civil.

En 1156, bajo el mismo reinado, se vieron durante mu-

(1) Véanse mas adelante las lluvias de sangre, de insectos, etc.

chas horas tres círculos alrededor del Sol, y cuando desaparecieron, se manifestaron tres soles. Este prodigio significó la discordia del rey y del arzobispo Tomás de Cantorbery. El emperador destruyó á Milán despues de siete años de sitio.

Al año siguiente se volvieron á ver tres soles, y en medio de la luna *una cruz blanca*. Al mismo tiempo estalló entre los cardenales una discordia acerca de la eleccion de Sumo Pontifice, y otra entre los príncipes electores para la eleccion de rey de los rómegos.

En 1463, en la pequeña Polonia se vió por la tarde, durante mas de dos horas, la *imágen de Jesús crucificado*, dirigida por el aire, con una espada, del Oeste hácia el Mediodía. En el país sobrevinieron grandes desgracias.

En 1489 hubo cometas, vientos violentos, *combates de infantería y caballería, ciudades, espadas, ensangrentados ejércitos*. Estos signos terribles fueron seguidos de lluvias diluviales, de esterilidad, de hambre y de peste.

En Enero de 1514 se vieron tambien tres soles, el mayor en medio, en el ducado de Wurtemberg. Al mismo tiempo se vieron en el Cielo espadas sangrientas é inflamadas. En el mes de Marzo siguiente volvieron á verse tres soles y tres lunas. En aquel mismo año los rusos fueron vencidos por los polacos cerca del Borysthenes. Smolensko, plaza fuerte de la Lituania, fué entregada á la Rusia. Los turcos perdieron una gran batalla contra los persas en la Armenia mayor.

En 1520 dos parelios. Al año siguiente los turcos invadieron la Hungría y se apoderaron traidoramente de la Albania. Lutero sostuvo su doctrina contra la Iglesia de Roma.

En 1526 aparecieron en el cielo durante la noche, *banderas militares manchadas de sangre* en el gran ducado de Wurtemberg.

En 1529 anunciaron las agitaciones de Alemania, la devastacion y los asesinatos de los cristianos por los turcos, *un cuerpo y una espada ensangrentados, una ciudadela de fuego, caballos de fuego, y cuatro cometas que arrojaban llamas hácia las cuatro esquinas del mundo*.

Johnston dice que en 1532, no lejos de Inspruck (Eni-

pons), se vieron en el aire *imágenes milagrosas, un caballo rodeado de llamas, un lobo vomitando fuego* en medio de un círculo de llamas, y un león que le seguía.

En 1548 se vieron en Sajonia *ejércitos celestiales* que descendieron sobre algunas poblaciones.

El 21 de abril de 1551 se manifestaron en Magdebourg tres soles y tres arco-iris. Esta circunstancia hizo que, por orden del emperador Carlos V, se levantara el sitio que hacia quince meses tenían puesto á aquella ciudad Mauricio de Sajonia y Alberto, marqués de Brandebourg.

Hé aquí un buen tipo de estas exageraciones:

En 1549 la luna se presentó rodeada de un halo y de paraselenes. Cerca de estos se vió un león de fuego y un águila abriéndose el pecho.

A esto, siguió una horrible aparición de ciudades incendiadas, y á su alrededor camellos, la imagen de Cristo crucificado entre los dos ladrones, y una reunion que parecia ser la de los apóstoles. La vision mas terrible de todas fue la última; se vió á un hombre de pie, enfurecido, armado de una espada y amenazando á una muchacha que le suplicaba llorando que no la matase. ¡Qué ojos no harian falta para ver todos estos detalles!

Un sabio profesor de Heidelberg, Theobaldo Wolffhart, escribió en 1557 bajo el pseudónimo de Conrado Lycosthènes, un *Libro de los prodigios*, que se compone de todos los fenómenos meteorológicos y astronómicos, ilustrados á placer. Los diversos aspectos bajo los cuales se produce la doble refracción del astro son innumerables en su libro. No era solo en las regiones del Norte donde los parelios aterrizaban á las gentes. En la misma Roma y en las ciudades científicas de Italia, emporios del movimiento intelectual, el temor que inspiraban al pueblo, no era menor que el que experimentaban los de Nuremberg ó de Rotterdam. El que apareció en 1469 por ejemplo, amedrentó á la gente hasta el mas alto grado, y no sin motivo, segun dice el *Libro de los prodigios*. En el mismo año, Jorge Scanderberg, el azote de los musulmanes, alcanzó una señalada victoria sobre los Turcos, y la muerte de Sforzia, hijo del duque de Milan, ocasionó deplorables guerras en Italia.

Florenia padeció mucho y la Alemania sufrió nuevos combates por parte del duque de Brunswick. Sediciones violentas ensangrentaron la Inglaterra. En 1492 el parelio se combinó en el mes de diciembre con la aparición sucesiva de dos cometas, y seguramente no hubiera sido un fenómeno de excesiva magnificencia para anunciar el descubrimiento del nuevo mundo; pero el triple sol se vió en Polonia y los prodigios se verificaron en el Norte. El emperador Maximiliano fue vencido por Ladislao, rey de Hungría; Casimiro rey de Polonia murió, y una gran parte de la ciudad de Cracovia, fue devorada por las llamas. Mas arriba hemos hablado ya del famoso sol triple del *Libro de los prodigios*.

Con los progresos de la Astronomía y de la física, la decadencia de la astrología, y el libre exámen, estos fenómenos ópticos perdieron su carácter sobrenatural. Desde el siglo último se observan tranquilamente, se analizan, y segun hemos visto en este capítulo, la teoría los explica y los observatorios y los sabios toman nota de ellos como de otros tantos hechos físicos que pertenecen al estenso dominio de la meteorología. El historiador Josefo, refiere que al principio del sitio de Jerusalem por los Romanos, el año 70 de nuestra era, los judíos adivinaron su derrota viendo «ejércitos que caminaban sobre nubes rojas.» Apariencias casi iguales se vieron al principio del sitio de París en setiembre de 1870, sin contar con la aurora boreal del 24 de octubre; pero ahora sabemos de ciencia cierta que estos fenómenos físicos son simplemente naturales, y que proceden de los efectos de la luz en la Atmósfera.

CAPITULO VIII.

EL ESPEJISMO.

No es solamente en las alturas aéreas donde se agita el mundo de los metéoros; donde la atmósfera produce singulares fenómenos ópticos; tambien manifiesta sus caprichos en esta region vulgar donde nos tiene encadenados nuestro peso orgánico, y hasta la superficie del suelo y de las aguas se anima á veces con estrañas metamórfosis debidas al juego de los rayos de luz en el aire que baña esta superficie terrestre.

Se designan bajo el nombre de *espejismo* las apariencias ópticas ocasionadas por un estado particular de las *densidades* de las capas atmosféricas, estado que hace variar las refracciones ordinarias de que hemos hablado en el capítulo anterior.

Por consecuencia de esta variacion, los objetos lejanos aparecen ó deformados ó transportados á cierta distancia, ó invertidos ó reflejados, segun la direccion que imprime á los rayos luminosos la densidad anormal del aire.

No es moderno el conocimiento del espejismo. Leyendo de nuevo hace algunos meses la Biblioteca Histórica, tan instructiva siempre, de Diodoro de Sicilia, encontré una descripcion del fenómeno que data de 2000 años y que no dejará de ofrecer interés á mis lectores. Héla aquí:

«Se verifica en Africa un fenómeno estraordinario. En ciertas épocas, sobre todo durante las calmas, el aire se

llena de imágenes de toda clase de animales, unas inmóviles y otras flotantes. Unas veces parecen huir de nosotros y otras se diría que nos persiguen; son todas de una magnitud desmesurada, y este espectáculo llena de terror y espanto á los que no están acostumbrados. Cuando estas figuras llegan á los caminantes á quienes persiguen, rodean su cuerpo frias y temblorosas. Los extranjeros, que no están habituados á este extraño fenómeno, se llenan de asombro; pero los habitantes del país, que le ven con frecuencia, no se preocupan de él.

Algunos físicos tratan de explicar las verdaderas causas de este fenómeno que parece extraordinario y fabuloso. Según ellos, en aquel país no hay viento ó es muy débil y muy ligero. Las masas de aire condensadas producen en la Libia lo que producen entre nosotros algunas veces las nubes en los dias de lluvia, esto es, imágenes de todas formas que aparecen por todas partes en el aire. Estas capas de aire, suspendidas por ligeras brisas, se confunden con otras capas, ejecutando movimientos oscilatorios muy rápidos: mientras dura la calma descienden al suelo por su peso, conservando las figuras que tenian por casualidad; si alguna causa no las dispersa, se aplican espontáneamente sobre los primeros animales que se presentan. Los movimientos que tienen al parecer no son efecto de una voluntad, porque es imposible que un sér inanimado pueda avanzar ó retroceder; los séres animados son los que, sin quererlo, producen estos movimientos de vibracion, porque al acercarse hacen retroceder violentamente las imágenes que parecen huir ante ellos. Por una razon inversa, los que retroceden producen un vacío y una distension en las capas de aire, y parece que son perseguidos por espectros aéreos. Los fugitivos, cuando se paran ó se vuelven, son alcanzados por la materia de estas imágenes, que se rompe sobre ellos y produce en el momento del choque la sensacion de frio.»

Se ve, pues, que si bien antes de Diodoro se observaba el espejismo, aún estaban los físicos muy lejos de tener la explicación científica, por mas que se atribuyesen ya á un efecto de densidad de las capas de aire.

Este mismo fenómeno (del cual ha hablado tambien

Quinto Curcio) se habia notado hacia mucho tiempo por los árabes, y ha sido muchas veces discutido por los escritores de Oriente. Se encuentra entre otros pasajes del Coran que «las acciones del incrédulo son semejantes al sérab (espejismo) de la llanura: el que tiene sed las cree agua hasta que se aproxima, y entonces ve que no son nada.»

A mediados del siglo XVII fué cuando el espejismo empezó á llamar la atencion de los físicos. El descubrimiento de los anteojos permitió hacer un gran número de observaciones que hubieran sido imposibles á simple vista: el conocimiento de las leyes de la refraccion de la luz, el de las variaciones de la densidad del aire á consecuencia del cambio de su temperatura, han contribuido por su parte á preparar el camino para la esplicacion teórica de estas estrañas apariciones.

Es necesario llegar al año 1783 para encontrar el primer trabajo verdaderamente científico que se ha publicado sobre el espejismo. Este trabajo se debe al profesor Busch, que le observó en el Elba, cerca de Hamburgo y en las orillas del mar del Norte y del Báltico. Se sirvió con frecuencia de un antejo, y el empleo de este procedimiento le manifestó detalles que hasta entonces le eran desconocidos. Vió en diferentes ocasiones aquel *espejo de las aguas*, aquella *falsa ribera*, debajo de la cual parece que se dibujan las imágenes invertidas; vió embarcaciones suspendidas en el aire, y que llevaban bajo su casco la imagen invertida de sus mástiles y de sus velas. El 5 de Octubre de 1779, observó á 2 millas alemanas de distancia de la ciudad de Brema la imagen ordinaria de esta ciudad y otra segunda imagen muy clara é invertida: entre la ciudad y él se extendia una dilatada y verde pradera; las principales circunstancias del fenómeno se esplican claramente en este trabajo, pero sin dar esplicacion teórica.

Durante la expedicion de Bonaparte á Egipto fué cuando se dió esta esplicacion.

El suelo del bajo Egipto forma una estensa llanura perfectamente horizontal; su uniformidad se interrumpe tan solo por pequeñas eminencias, en las cuales están construidas las aldeas para librarse de las inundaciones del

Nilo. Por la mañana y por la tarde, nada extraño se observa en el aspecto del país; pero cuando el Sol ha caldeado la superficie del suelo, éste parece terminado á cierta distancia por una inundacion. Las aldeas parecen islas en medio de un lago inmenso, y debajo de cada una de ellas se ve su imágen invertida. Para completar la ilusion, el suelo desaparece y la bóveda del firmamento se refleja en un agua tranquila. Se comprende cuántas y cuán crueles decepciones debió sufrir con esto el ejército francés. Rendido de fatiga, devorado por la sed bajo un cielo de fuego, creia llegar á aquella gran capa de agua trasparente, en la cual se dibujaba la imágen de los pueblecillos y de las palmeras; pero á medida que se aproximaba, retrocedian los límites de esta inundacion aparente; el lago imaginario que parecia rodear la poblacion se retiraba, y, por último, desaparecia por completo, reproduciéndose la ilusion en otro pueblecillo mas distante. Testigos de este fenómeno, los sabios agregados á la expedicion no se sorprendieron menos que el resto del ejército. Pero Monge dió su esplikacion.

Para comprender exactamente la teoría del espejismo hace falta una atencion especial. Este fenómeno se produce cuando los rayos luminosos, en virtud de los cuales vemos los objetos, experimentan antes de llegar á nuestros ojos una desviacion causada por la diferencia de densidad de las capas que atraviesan. Ya hemos visto, con ocasion de los crepúsculos, que cuando un rayo luminoso pasa de un medio menos denso á otro *mas* denso, se verifica una desviacion que le encorva hácia el suelo: ahora bien, cuando, por el contrario, pasa de un medio mas denso á otro *menos* denso, la desviacion que experimenta le *eleva* hácia el cielo.

Además, el ángulo de refraccion es mayor que el ángulo de incidencia, y llega un momento en que un rayo cualquiera produce al refractarse un ángulo de 90° ó un ángulo recto con la vertical. Este ángulo se llama *ángulo límite*.

Pasado el ángulo límite, los rayos, en vez de refractarse, se reflejan y vuelven á subir. Este fenómeno

se conoce en física con el nombre de *reflexion total* (1).

Se puede tener un ejemplo de este fenómeno llenando de agua un vaso que se coloque en disposicion de ver la superficie del agua por la parte de abajo. Esta superficie aparece como un espejo: una cuchara sumergida se refleja en ella. Otro ejemplo: un prisma de vidrio colocado en el orificio de una cámara oscura, puede interceptar completamente el paso de la luz por este mismo fenómeno de la reflexion total. En resúmen, cuando un rayo luminoso tiende á salir de un medio mas refringente á otro medio menos refringente, bajo un ángulo mayor que el ángulo límite, el rayo se refleja en totalidad.

Sentados estos antecedentes, podemos ya decir que el espejismo es un fenómeno de reflexion total.

Por efecto de los rayos solares, cuando la Atmósfera está tranquila, las capas de aire que están en contacto con el suelo se calientan mucho y puede suceder que en un pequeño espesor su densidad disminuya á medida que se aproximan al suelo. Este es un hecho puramente accidental, que depende de diversas circunstancias propias del lugar en que se observa, que no ocupa mas que una pequeña estension, y que, por lo tanto, no quita nada de su fuerza á la ley general de la disminucion de densidad con la altura. En el caso en que estas condiciones físicas se verifican, hé aquí lo que puede suceder. Un rayo luminoso que llega del punto *M* (fig. 19) va á refractarse sucesivamente, alejándose de la normal en *a d'*, etc.; en cierto momento su direccion coincidirá con la de la capa de aire *A*, y esta última hará el oficio de un espejo. El rayo seguirá, pues, en sentido inverso un camino *A d' a'* semejante al

(1) Cuando la luz cae sobre una superficie opaca, y con el pulimento necesario, es decir, un espejo, se refleja en su mayor parte; pero hay alguna que se difunde ó se pierde atravesando el espejo, sobre todo si, como sucede con los espejos ordinarios, la primera capa no es completamente opaca. La reflexion, pues, de la luz en el caso ordinario es *parcial*; en el caso de que se trata, la casi totalidad de la luz que llega al objeto sobre que ha de verificarse la refraccion, se refleja, pasado el ángulo límite, y de aquí ha nacido el nombre de *reflexion total* dado al fenómeno.

que siguió antes y llegará al ojo del observador, que verá en la dirección inferior O M una imagen de la palmera M al mismo tiempo que ve el objeto directamente. La capa de aire es, pues, la que en cierto instante se convierte en espejo, y representa, por lo tanto, el papel de una superficie de reflexión.

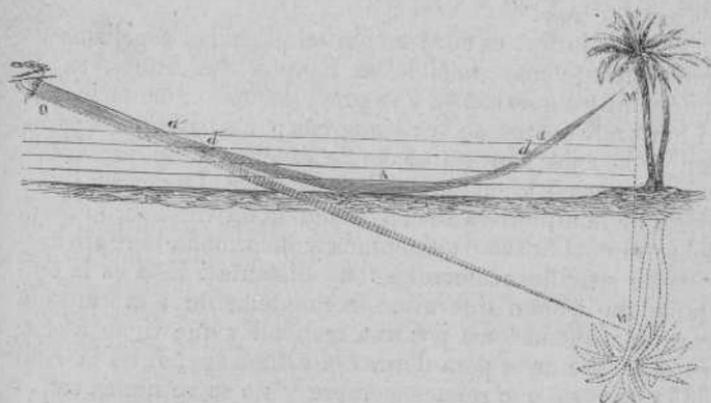


Fig. 18.—Explicación del espejismo ordinario.

Tal es el espejismo ordinario ó espejismo inferior.

Esta desviación inferior y reflejada de los rayos luminosos no impresiona al principio tanto como podía creerse. Muchas personas pasarán á su lado sin advertirla, y aun prevenidos de lo que sucede, declararán que no han advertido nada extraordinario ó digno de notarse. Para distinguir bien el espejismo es necesario no solo tener muy buena vista, sino saber observar detalles y tener costumbre del horizonte: este ejercicio es familiar para los viajeros, para los marinos, para los meteorologistas; pero muy frecuentemente ojos poco científicos no lo observan. Sin embargo, en ciertos casos y en algunas regiones del globo, el espejismo se verifica con tal evidencia que hiere aun los

ojos menos experimentados. Tal es el que se verifica algunas veces en las costas del estrecho de Messina; y tal es el que aun con mas frecuencia se manifiesta en los desiertos arenosos de la Arabia ó de Egipto.

El espejismo aparece unas veces sobre la superficie del mar, de los lagos ó de los grandes rios y otras sobre las grandes llanuras secas, y principalmente en las regiones arenáceas, en los caminos reales ó en los arenales de las playas del mar.

El medio dia, es el momento en el cual el espejismo es generalmente mas sensible en Egipto. La Atmósfera se mueve muy ligeramente y es gris y brumosa; de modo que el horizonte apenas se ve: las aguas y los oasis que aparecen á lo lejos son un efecto de espejismo. Se presentan como á unos 4 kilómetros del observador. Las capas inferiores de la atmósfera se convierten en un verdadero espejo sobre el cual aparece aumentada y deformada la reproduccion de sencillos matorrales muy distantes. Esta es la engañadora imágen que atrae frecuentemente á la cansada caravana que la toma por una realidad y que viene á caer en ella estenuada para dormir el último sueño. Es la «sed de la gacela» que renace siempre y no se ve nunca satisfecha.

Frecuentemente estas mentidas imágenes, debidas al efecto de los rayos solares y á su refraccion prismática á través de las capas de aire de distinta densidad, presentan formas puramente imaginarias, y que á veces se podrian creer reales, aunque su origen sea tan casual como el de las apariciones manifestadas algunas veces en las nubes.

Otro tanto diremos de estas islas desconocidas que aparecen, en medio de los mares, á los asombrados navegantes y los pierden, llevándolos hácia sus risueñas é ilusorias orillas. Los marinos suecos han buscado mucho tiempo una isla imaginaria que parecia elevarse entre las de Alánd y de Upland; no era mas que un espejismo. Estas ciudades, que parecen construidas por la varita de una maga, no son á veces otra cosa que la imágen de ciudades mas lejanas, y frecuentemente no hay razon que pueda explicar, ya que no su naturaleza, su origen al menos. Durante el verano

de 1847 «en un día calorosísimo de Julio, dice M. Grellóis, caminaba lentamente al paso de mi caballo entre Ghelma y Bône en compañía de un apreciable jóven á quien tuve el sentimiento de perder siete años despues. Llegados á unas dos leguas de la ciudad de Bône hacia la una de la tarde nos detuvimos de repente á la vuelta de una senda, maravillados ante el cuadro que se presntaba á nuestra vista. Al Este de Bône, sobre un terreno arenoso, cuya árida y rasa desnudez habíamos comprobado algunos días antes, se elevaba en aquel momento sobre una colina suavemente inclinada y bañando sus piés en el mar, una hermosa y gran ciudad, adornada de monumentos, cúpulas y campanarios. La ilusion era tal, que solo la razon se negaba á admitir la realidad de esta vision, cuyo pasmoso espectáculo presenciarnos durante una media hora. ¿De dónde procedia aquella aparicion? Nada de aquella ciudad fantástica se parecia ni á Bône, ni mucho menos á La Calle ó á Ghelma, que además se hallaban á unas veinte leguas. ¿Podríamos admitir la reflexion de alguna gran ciudad de la costa de Sicilia? Esto hubiera sido, á mi parecer, esceder los límites de la verosimilitud.» (1)

(1) El espejismo inferior se reduce á veces á sencillos efectos de refraccion; alteracion ó aumento de los objetos; efectos á veces curiosos. En el mes de mayo de 1837, durante la expedicion de Argelia, que precedió al tratado concluido con Abd-el-Kader, M. Bonnefont observó entre otros efectos de espejismo, el curioso ejemplo siguiente:

Una bandada de flamencos, zancudas muy comunes en esta provincia, desfiló por la orilla del Sureste á seis kilómetros de distancia: estas aves, á medida que dejaban el suelo para andar por la superficie del lago, tomaban tales dimensiones que parecian completamente ginetes árabes desfilando en el mayor órden! La ilusion fué por un momento tan completa, que el general en jefe Bugeand, envió como explorador un Spahis. Este ginete atravesó el lago en línea recta; pero las piernas de su caballo tomaron tales dimensiones de altura cuando llegó al punto en que empezaban las ondulaciones, que caballo y ginete parecian colocados sobre un animal fantástico, que tenia muchos metros de altura y que marchaba en medio de un oleaje que amenazaba tragarle..... Todo el mundo contemplaba aquel curioso fenómeno, cuando una nube espesa, interceptando los rayos del Sol, hizo desaparecer aquellos efectos de óptica y restableció la realidad de todos los objetos.

Algunas veces se producía otro efecto que llegó á ser un objeto de diversion para la tropa. Sí, mientras el Sol estaba al Este y soplabla el

Veamos ahora otra especie de espejismo que no es raro observar, pero cuyos efectos son menos notables, y que, por consiguiente, ha sido menos estudiada: es la aproximación de los objetos situados mas allá del horizonte, y que se encuentran mas altos que él. En el espejismo ordinario que acabamos de describir, las densidades del aire crecen con la altura y las trayectorias son convexas hácia la tierra, al menos en su parte inferior. En el caso actual, las densidades van disminuyendo y las trayectorias se hacen cóncavas, y á veces muy cóncavas hácia el suelo. Una trayectoria luminosa, horizontal al principio, deberia, moviéndose en el vacío, permanecer rectilínea; la refracción atmosférica *ordinaria* encorva esta trayectoria en el sentido de los círculos máximos del globo, dándole cerca de la dozava parte de la curvatura terrestre. Pero si el estado de las capas está modificado, y si por efecto de un aumento anormal en la temperatura, las densidades disminuyen con la altura, segun una progresion mucho mas rápida que la progresion habitual, el efecto refringente de estas capas puede dar á las trayectorias una curvatura mucho mayor, y que llega á ser la cuarta parte, la mitad y hasta la curvatura total del círculo máximo de la tierra; algunas veces el efecto podrá ser tal, que la curvatura llegue á pasar de este límite.

En estas nuevas condiciones, las diversas trayectorias que pasan por el ojo y están situadas en un plano vertical,

viento del lado opuesto, se arrojaba en el lago un cuerpecillo ligero susceptible de ser arrastrado por el viento, era curioso verle crecer á medida que se alejaba, y cuando el viento le habia hecho llegar á las ondulaciones, aparecía como una barquilla cuya agitacion sobre las olas era proporcional á las sacudidas que le imprimía el aire. Lo que mejor producía el efecto, eran cabezuelas de cardo que obedecian con gran facilidad á la mas ligera brisa: entonces la ilusion era completa. En la mañana del 18 de junio, con una temperatura de 26° centígrados, una fuerte brisa de Levante y una capa nebulosa que el calor empezaba á disipar, arrojamos á las 8 y media de la mañana cierta cantidad de cabezuelas; cuando el viento las llevó al sitio en que se producian las ondulaciones, nos presentaban el espectáculo de una flotilla desordenada.... Parecía que los barcos chocaban unos contra otros; despues empujadas por el viento á una gran distancia desaparecieron completamente como si hubieran zozobrado.

en vez de cortarse dos á dos, como sucede en el caso de espejismo ordinario, van *por lo general* divergiendo. Resulta que entonces no se pueden obtener dos imágenes del mismo objeto. Si se mide la depresion del horizonte aparente, se le ve muy elevado; á veces, al mismo nivel del horizonte racional; los objetos habitualmente invisibles á causa de la mucha distancia y de la curvatura de la tierra pueden hacerse visibles. La posicion accidental de estos objetos, mas cerca que el contorno del horizonte sensible, los hace juzgar mucho mas próximos que de ordinario; favorece tambien esta ilusion la transparencia del aire en el momento en que el fenómeno se verifica.

Como, por otra parte, no hay ninguna inversion del objeto, es claro que esta especie de espejismo impresionará menos que la correspondiente al caso examinado antes: asi es que se ha estudiado con menos frecuencia. Woltmann y Biot indican que puede reconocerse este estado particular de la Atmósfera, en que el mar aparece cóncavo, que al mismo tiempo el horizonte se ve por cima del casco de los buques, que las costas lejanas toman el aspecto de elevados escarpes, y que los objetos muy distantes se elevan al parecer en el aire como las nubes.

Una circunstancia óptica bien digna de estudio es la siguiente: al mismo tiempo que los objetos se elevan del modo dicho por cima de otros que, por lo comun, los ocultaban, y que se nos presentan como si estuviesen mucho mas cerca que el horizonte visible, aparecen mucho mas próximos al ojo. Heim ha descrito un efecto de este género, observado en las montañas de la Turingia: vió de repente aparecer sus altas cumbres por cima de una cordillera intermedia, que hubiera debido ocultarlas á la vista, y estas cumbres se dibujaban tan claramente, que podia distinguir con un antejo sencillo las manchas de yerba á una distancia de 4 millas alemanas (30 000 metros). M. de Tesson ha observado un fenómeno de la misma clase en el puerto de San Blas en California.

Una carta fechada en Tenerife y publicada por el *Correo de las Ciencias* refiere tambien que desde la cúspide del Pico, desde donde se abarca un horizonte de 50 leguas de

radio, un espejismo ha dibujado los montes Alleghany, situados en la América del Norte á 1 000 leguas de allí. No me atrevo todavía á dar crédito á este hecho.

Después de las dos grandes categorías de hechos pertenecientes al fenómeno del espejismo, una de las cuales se refiere á la depresión de los objetos y otra á su elevación, debemos considerar otro efecto no menos curioso: el *espejismo superior*.

Este espejismo presenta tres casos diferentes. En efecto, unas veces se distingue sobre el objeto su imagen invertida, y encima de ésta otra segunda imagen directa como el objeto: otras, solo existe la imagen invertida, desapareciendo la superior, y otras, por fin, existe solo la imagen directa superior, sin tener otra invertida debajo.

Woltmann ha observado en tres distintas ocasiones el espejismo superior. Los objetos parecen reflejarse en el cielo; se veía en el aire la imagen del horizonte de las aguas, y por debajo pendían invertidos los objetos de la orilla, casas, árboles, colinas, molinos: frecuentemente, una cinta de aire separaba la imagen invertida de los objetos colocados debajo; pero con mas frecuencia aún, objeto é imagen se encontraban y se penetraban de tal manera, que resultaba la apariencia de un alto escarpe con estrias verticales.

Welterling ha hecho observaciones análogas en las islas de Svenska-Hogar situadas á la entrada del puerto de Estocolmo. «Por cima de cada uno de los escollos, se manifiesta y aparece en el aire un punto negro; después estos puntos van alargándose hácia abajo y acaban por unirse á la roca, que toma la forma de una columna nueve ó diez veces mas alta que ella. De aquí resulta un falso horizonte, al cual se ven trasportados todos los objetos, apareciendo colocados en la línea recta y á un mismo nivel, aunque su altura absoluta sea muy distinta.»

Crauz, en Groenlandia, ha visto elevarse, á modo de escarpes, de torres desmanteladas y de ruinas, las playas de las islas Kokernen. Brandes ha observado muchas veces el espejismo superior; en general, las imágenes de los objetos se le aparecían claras: añade que la imagen superior

directa falta casi siempre, y atribuye este hecho á la falta de esfericidad de las capas homogéneas. También observa que es un fenómeno muy local: algunas veces aparecía sobre las casas orientales de la aldea de Damgast, y al mismo tiempo no se veía en las del Oeste de la misma aldea.

A veces estos objetos se dibujan en el cielo á una gran altura por cima del horizonte. Unos se mueven con gran velocidad, otros están en reposo, y en ocasiones sus contornos aparecen irisados. A medida que aumenta la luz, las formas se hacen mas aéreas y se desvanecen cuando el Sol tiene toda su fuerza (1).

(1) Bernardino de Saint-Pierre, refiere con este motivo los hechos siguientes:

Mi amigo, nuestro célebre pintor Vernet, me ha referido un fenómeno muy singular. Hallándose en Italia durante su juventud, se dedicaba con especialidad al estudio del cielo, mas interesante sin duda alguna que el estudio de lo antiguo, puesto que de las fuentes de luz es de donde nacen los colores y las perspectivas aéreas que constituyen el atractivo de los cuadros, lo mismo que el de la naturaleza. Vernet, para fijar sus variaciones, habia ideado pintar en las hojas de un libro todas las tintas de cada color principal y señalarlas por medio de números. Cuando dibujaba un cielo, despues de haber bosquejado los términos y la forma de las nubes, anotaba rápidamente las tintas fugitivas en su cuadro, con números correspondientes á los del libro, y despues daba el colorido con todo despaacio. Un dia no pudo menos de sorprenderse al ver en el cielo la forma de una ciudad invertida, en la cual distinguia claramente los colores, las torres y las casas. Se apresuró á dibujar este fenómeno, y resuelto á conocer la causa, marchó siguiendo el rumbo del viento, hácia las montañas. Pero ¡cuál fue su sorpresa al encontrar á siete leguas de allí la ciudad cuya imágen habia visto en el cielo y cuyo dibujo tenia en su cartera!

Tal vez á estos efectos de espejismo es preciso referir tambien una facultad extraordinaria de vista, célebre en la isla de Francia. Hácia el fin del siglo último, M. Baltineau, colono de aquella isla, indicaba los navios colocados mucho mas allá de los límites del horizonte hasta una distancia considerable. La nueva ciencia que pretendia haber creado, combinando los efectos producidos por los objetos lejanos en la Atmósfera y en el agua, recibió el nombre de *Nauscopia*. Vino á París, provisto de certificaciones del Intendente y del Gobernador de la isla de Francia, que atestiguan la realidad del descubrimiento; pero no llegó siquiera á obtener una audiencia de M. Castries, Ministro de Marina á la sazón. Nadie procuró averiguar los medios que usaba para obtener tan maravillosos resultados, que un juez tan competente como Arago, no encontraba inverosímiles, creyendo que algunos fenómenos crepusculares ó que las sombras arrojadas por las montañas remotas, podian representar

El espejismo superior se produce mas frecuentemente sobre las costas del mar, que tierra adentro; porque la variacion de densidad de las capas atmosféricas es mas frecuente. En su ascension aeronáutica del 16 de Agosto de 1868 sobre Calais, distinguió con una gran limpieza M. G. Tissandier la imágen del vapor y de muchas barcas navegando al revés sobre un océano invertido. El cielo superior reflejaba el mar con la tinta verdosa de sus aguas y los efectos de luz de la orilla. Citemos aun el curioso hecho siguiente, que recuerda las apariciones del sitio de Jerusalem y las que acompañaron á la guerra de Cinna y Mario.

El 20 de Setiembre de 1835 los habitantes de las campiñas próximas al Agar, colina del Mendio en Inglaterra, presenciaron un extraño espectáculo: hácia las cinco de la tarde, y estando el cielo cubierto de vapores bastante espesos, vieron un inmenso destacamento de caballería que parecia desfilas, ya al paso, ya al trote largo: los ginetes, sable en mano, estaban todos uniformemente vestidos, y casi se distinguian hasta las bridas y los estribos. Durante algun tiempo se los vió maniobrar por seis de frente, y despues formarse en dos cordones ó filas. Durante muchos dias este extraño espectáculo fue objeto de todas las conversaciones de Bristol. Garnier, que refiere el hecho (*Tra-tado de meteorología*. Bruselas 1837) no titubea en considerarle como un espejismo, por mas que nadie haya podido saber dónde estaban los objetos reflejados.

Segun el testimonio de muchas personas fidedignas, podria agregar á este hecho una observacion análoga hecha en Verviers en 1815. Tres habitantes de esta ciudad vieron distintamente una mañana un ejército en el cielo, pero con tal precision, que reconocieron los uniformes de la artillería, y entre otras cosas, un cañon, al cual se habia

un papel en estos fenómenos, pero sin poder, no obstante, averignar aquel importante secreto. El pobre colono volvió á la isla, donde todo el resto de su vida la pasó en la orilla del mar, con la vista fija en el horizonte, excitando siempre el asombro con la exactitud de sus indicaciones.

roto una rueda, y que estaba próximo á caerse. No he podido averiguar en qué sitio podia hallarse aquel ejército.

Pocas temporadas se pasan sin que los periódicos reproduzcan la observacion de un fenómeno de espejismo superior, producido en nuestras regiones templadas, tal como la reflexion de una ciudad en el cielo. Pero, en general, las imágenes son fugitivas y difusas. Recientemente se ha visto en París uno de estos efectos, tanto mas notable cuanto que se produjo con una luna clara.

Entre las tres y las cuatro de la madrugada del 15 de Diciembre de 1869, las personas que pasaban por los puentes y por los malecones fueron testigos de este mismo fenómeno. Hacia una hermosa luna, pero astro y cielo estaban velados por nubes que se hubieran creído alumbradas por una aurora boreal. Fue un hermoso efecto de espejismo superior, que las personas que se retiraban tarde por sus negocios ó por sus placeres pudiesen examinar como un espectáculo raro é interesante.

París, sus palacios, sus monumentos y su rio se retrataban en las nubes que ocultaban el cielo, pero invertidos como si encima de todo París se hubiera colocado un espejo inmenso. El Panteon, los Inválidos, Nuestra Señora, los palacios del Louvre y de las Tullerías se veian perfectamente dibujados. Desde el puente de las Artes aparecian al Oeste, el Sena, los puentes, las agujas de Santa Clotilde, la plaza de la Concordia, los Campos Elíseos y el palacio de la Industria, que plateados por la luz de la luna presentaban una imagen sonrosada de un efecto indescripible.

El espejismo puede producirse tambien entre dos capas de aire separadas por un plano vertical. Esto es lo que sucede con las grandes paredes espuestas al Mediodia cuando se calientan por el Sol; y dan origen á la formacion de un espejismo ordinario, que se llama en este caso *espejismo lateral*. La pared representa en este caso el mismo papel que el suelo espuesto á los rayos del Sol, y para la explicacion una línea perpendicular á la pared reemplaza la vertical que hemos supuesto en el caso del espejismo horizontal. Pero como las capas de aire recalentadas se re-

nuevan fácilmente elevándose á lo largo de la pared la accion perturbadora de las densidades se estiende poco. Es necesario, pues, colocar el ojo próximo al plano de la pared y mirar en una direccion paralela los objetos que se aproximan ó se alejan. Las personas que se dirigen hácia las puertas que existen en la pared, las imágenes que atraviesan en el cielo el plano vertical paralelo á la misma, presentan siempre la imagen invertida, que indica la teoría del espejismo ordinario. Parece que Grubert ha sido uno de los primeros observadores que han visto este fenómeno. Blackadder ha descrito el espejismo lateral que ha observado sobre el muro del baluarte del rey Jorge en la ciudad de Leith. Tambien se ha observado por Gilbert. Se le vé frecuentemente en París durante los dias calorosos, colocando el ojo en la prolongacion del muro del Louvre ó del de las Tullerías. La fachada meridional de la Bolsa, calentada hácia las dos de la tarde, refleja bastante bien los objetos colocados á su inmediacion, un poco mas allá del muro.

En las fortificaciones del Sur, dos personas colocadas á poco mas de cien metros de distancia una de otra, ven con claridad su respectiva imagen reflejada por la delgada capa de aire caliente que sube á lo largo del baluarte: se distingue tambien la reflexion del campo, de los árboles y de los transeuntes. El mismo hecho se ha observado en Berlín, y en general en todas partes donde se le ha prestado alguna atencion. En el caso particular que consideramos, la imagen ha parecido siempre de la misma magnitud que el objeto.

Agreguemos aun el espejismo múltiple que se presenta cuando muchas imágenes, todas invertidas, se presentan superpuestas al objeto. Biot y Arago han visto producirse fenómenos de esta clase, haciendo estacion en el Desierto de las Palmas y observando por la noche con el círculo repetidor un faro colocado en la isla de Ibiza. Encima de la imagen ordinaria vieron formarse dos, tres ó cuatro imágenes falsas superpuestas en la misma vertical. Scoresby observó el 18 de Julio de 1822, un bergantin encima del cual habia tres imágenes superpuestas todas invertidas: en

cada una de ellas el casco del buque estaba en contacto con la imágen tambien invertida de la zona mas allá de la cual estaba situada.

El espejismo no se presenta siempre con los caracteres de regularidad que hemos mencionado: á veces la segunda imágen está sobre la verdadera; á veces se ven ambas de lado ó de frente; en algunos casos se confunden; en otros se separan; en otros, en fin, las imágenes son directas y aparecen como suspendidas en las llanuras del aire.

El doctor Vince refiere muchas observaciones muy curiosas. Desde Ramsgate se vé, cuando hace buen tiempo, la cúspide de las cuatro torres mas altas del castillo de Douvres. El resto del edificio está oculto por una colina que se encuentra á cerca de doce millas de Ramsgate. El 6 de Agosto de 1806, mirando el doctor Vince del lado de Douvres, á las siete de la tarde, vió no solo las cuatro torres del castillo, como de costumbre, sino todo el castillo completo hasta la base. Se le veia tan bien como si se le hubiera trasportado entero á la colina del lado de Ramsgate.

Biot y Mathieu han hecho observaciones análogas en Dunkerque, á orillas del mar en la playa arenosa que se estiende al pié del fuerte Risban. Biot publicó su teoría detallada en las *Memorias del Instituto* correspondientes á 1809; demostró que á partir de un punto l tomado á cierta distancia y al frente del observador o (fig. 19) se puede concebir una curva lb , tal que todos los puntos colocados en la parte inferior queden invisibles, mientras que los colocados en la parte superior hasta cierta altura, den dos imágenes: una ordinaria y directa, otra extraordinaria inferior á la capa invertida. Así un hombre que se aleja del observador, partiendo del punto l le presenta los aspectos sucesivos indicados por la figura. Soret y Jurine observaron en el lago de Ginebra en Setiembre de 1818 á las diez de la mañana el notable fenómeno representado en la fig.^a 20. La curva abc representa la orilla oriental del lago; una barca cargada de toneles y con las velas desplegadas estaba en p en frente de la punta de Belle-Rive, y vogando hácia Ginebra: los observadores la veian con un

telescopio en la dirección $g p$: estaban á la orilla del lago en el segundo piso de la casa de Jurine á una distancia de unas dos leguas. Mientras la barca tomó sucesivamente las

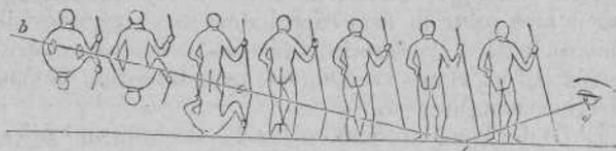


Fig. 19.—Efecto de espejismo que produce figuras análogas á la de los naipes franceses.

posiciones $q r s$ se vió una imágen lateral muy sensible en q', r', s' , que avanzaba como la misma barca, pero que parecía separarse á la izquierda de $g p$, mientras la barca se separaba á la derecha. Cuando el Sol alumbraba las velas, la imágen era bastante visible para percibirse á sim-

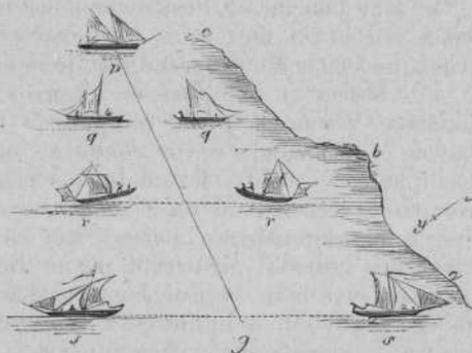


Fig. 20.—Espejismo lateral observado en el lago de Ginebra.

ple vista. La dirección de los rayos solares está indicada por $l y$.

Bastaba conocer la disposición de aquellos sitios para

comprender al momento que este es un efecto de *espejismo lateral*. A la derecha de *gp* el aire habia estado á la sombra durante una parte de la madrugada; á la izquierda, por el contrario, se habia calentado por el Sol. La superficie de separacion del aire caliente y del aire frio debia ser próximamente vertical en una corta estension por cima del agua; á una y otra parte de esta capa habia una mezcla de densidad creciente de izquierda á derecha y por este motivo se producía en las capas verticales lo que de ordinario sucede en las horizontales.

El 13 de Abril de 1869 á las dos de la tarde se veían perfectamente en Folkestone las costas de Francia desde Calais hasta mas allá de Bolonia. Bajo la imágen directa de los terrenos y los edificios se veían otras imágenes invertidas de doble magnitud. El faro del cabo Gris-Nez producía cinco imágenes.

En las regiones polares, los efectos de la refraccion se presentan bajo las apariencias mas caprichosas y mas estraordinarias. «La escesiva condensacion del aire en invierno, dice el almirante Wrangell y los vapores esparcidos en verano por la Atmósfera hacen muy poderosa la refraccion en el mar Glacial. En estos casos las montañas de hielo toman por lo comun formas muy caprichosas; y algunas veces aparecen como desprendidas de la superficie que les servía de base y suspendidas en el aire.» Muchas veces el almirante Wrangell y sus compañeros creyeron ver montañas de color azulado cuyos contornos se dibujaban con gran limpieza, y entre los cuales las parecia que veían valles y hasta rocas. Pero en el momento en que se felicitaban por haber descubierto la tierra tan ávidamente apetecida, la masa azulada, arrastrada por el viento, se estendía por uno y otro lado, y acababa por abarcar todo el horizonte. Scoresby, que ha hecho á la altura de la Groenlandia tantas observaciones interesantes, dice tambien que el hielo en el horizonte presenta formas muy estrañas, y que muchas veces parece que está suspendido en el aire.

El fenómeno mas curioso fue ver la imágen perfectamente limpia é invertida de una embarcacion que se halla-

ba por bajo del horizonte. «Ya habíamos visto otras imágenes semejantes, dice, pero ésta tenía por carácter particular la precision con que aparecía, á pesar de la gran distancia á que se hallaba el buque. Sus contornos se marcaban tan perfectamente, que mirando la imagen con un antejo de Dollond, distinguía los detalles de la arboladura y del casco de la embarcacion, hasta el punto de reconocer que era la de mi padre. Comparádo nuestros cuadernos de bitácora, vimos que estábamos á 55 kilómetros uno de otro, es decir, á 31 kilómetros del horizonte, y mucho mas allá de los límites de la vision distinta.»

Humboldt y Bonnpland vieron que en las orillas del Orinoco la temperatura de la arena al Sol y al medio dia era de 53°, mientras que á 6 metros del suelo el calor del aire no era mas que de 40° centígrados. Los montículos de San Juan y de Ortés, y la cordillera llamada *la Galera*, situadas á 3 ó 4 leguas de distancia, aparecían suspendidas; parecia que las palmeras no tenían pié, y por último, en medio de las Sabanas de Caracas, estos sabios creyeron ver á una distancia de 2 000 metros próximamente un rebaño de vacas *por el aire*. No observaron dobles imágenes. Humboldt percibió tambien un rebaño de bueyes salvajes, parte de los cuales aparecían con las piernas mas altas que el suelo, mientras que otra parte descansaba en él.

No es solo en los países cálidos donde se forman los espejismos: acabamos de ver que se han observado hasta en el seno de los mares polares.

Es notable, entre otras, una pintoresca descripcion hecha por el navegante Hayes, con ocasion de su viaje á los mares árticos en 1861. Era en el estrecho de Smith á los 80° de latitud; por consiguiente, á 10° solamente del polo, y en el mes de Julio.

Una débil brisa, dice, rizaba apenas la superficie del mar, y bajo la influencia de un sol deslumbrador, nos deslizábamos sobre las apacibles olas sembradas por todas partes de centelleantes témpanos y de detritos de campos antiguos de hielo; aquí y allí brillaba alguna estrecha faja de cristal destacada de los bancos helados. Los animales marinos y las aves

del cielo se reunían á nuestro alrededor, y animaban la calma del agua y la tranquilidad de la Atmósfera; las morsas soplaban y mugían al ver nos: las focas levantaban á nuestro paso sus inteligentes cabezas; los narvales en manadas numerosas y alentando perezosamente, sacaban del agua su largo cuerno, y sus cuerpos cubiertos de manchas dibujaban su graciosa curva por cima del agua para tomar el sol; una multitud de ballenas blancas hendía las ondas. Sentado en el puente, pasé muchas horas tratando, sin conseguirlo, de trasladar al papel el esplendido color verde de los trozos de hielo que flotaban cerca del buque, y contemplando tan maravilloso espectáculo. Los cielos polares son grandes artistas de fantasmagoría mágica. La Atmósfera tenía una dulzura especial y presenciábamos un espejismo notabilísimo, fenómeno á la verdad bastante frecuente en los días buenos del estío boreal.

El horizonte se duplicaba, por decirlo así; los objetos situados á una grandísima distancia venían hácia nosotros como atraídos por la varita de un encantador, y suspendidos en el aire, cambiaban á cada paso de forma. Témpanos y bancos flotantes, líneas de las costas, lejanas montañas, aparecían de repente, conservaban á veces su contorno natural durante algunos minutos, y despues se estendían á lo largo ó á lo ancho, se elevaban ó se bajaban, cuando el viento agitaba la atmósfera, ó caían apaciblemente á la superficie del agua. Casi siempre estas evoluciones se verificaban tan rápidamente como en un kalidescopio: todas las figuras que la imaginación puede concebir, se dibujaban unas despues de otras en el firmamento. Un campanario agudo, imágen alargada de algun lejano pico, se elevaba en el aire; despues se convertía en una cruz, en una espada; tomaba una forma humana, y por último se desvanecía y era reemplazado por la silueta de un banco de hielo que se erguía como una fortaleza. Los campos de hielo tomaban el aspecto de una llanura sembrada de árboles y llena de animales; despues se veían montañas entrecortadas que se disolvían rápidamente, dejándonos ver luego una larga fila de osos, perros, pájaros y hombres que bailaban en el aire y saltaban desde el mar hasta el cielo..... Aquel extraño espectáculo es imposible de describir. Uno despues de otro, cada fantasma venía á ocupar su sitio en aquel baile mágico para desaparecer tan rápidamente como había aparecido.

Este maravilloso, encantamiento se prolongó durante una gran parte del día, y despues el aire norte vino á remover las aguas, y la escena entera desapareció á su primer soplo, sin dejar mas señales que la vision fantástica de Próspero.

El espejismo se produce, pues, con diferente intensidad en todas nuestras latitudes. Ya hemos visto antes que el espejismo natural se observa en París en los días calurosos, y que el espejismo superior, aunque mas raro, se ha observado tambien.

Cuando en vez de producirse en capas planas y regulares, las reflexiones y las refracciones se verifican en capas irregulares y curvas se produce un espejismo cuyas imá-

genes están deformadas en todos sentidos, rotas ó repetidas muchas veces, y separadas unas de otras á distancias considerables. Esto sucede en la fantástica vision aérea, atribuida en otro tiempo á una maga, *La Fata Morgana*,



Fig. 21.— La Fata Morgana.

que hace reunirse al pueblo algunas veces en la orilla del mar en Nápoles y en Reggio, en las costas de Sicilia. El fenómeno se verifica principalmente por la mañana, al nacer el día, y cuando reina una calma completa.

En una estension de muchas leguas, el mar, en las costas de Sicilia, toma la apariencia de una sombría cordillera, mientras que las aguas del lado de la Calabria permanecen perfectamente unidas. Encima de estas se dibuja

en claro-oscuro una fila de muchos millares de pilastras, todas de la misma altura, con el mismo intervalo y los mismos grados de luz y de sombra. En un abrir y cerrar de ojos pierden á veces estas pilastras la mitad de su altura, y parece que se encorvan formando arcadas y bóvedas

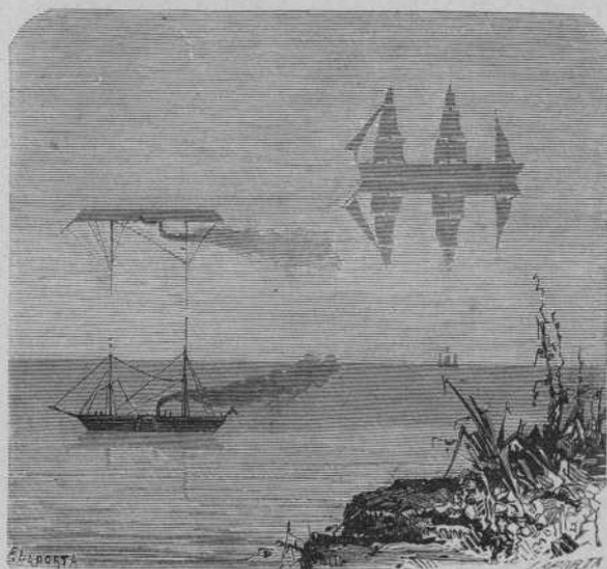


Fig. 22.—Espejismo en el mar.

como los acueductos romanos. Se vé tambien con frecuencia formarse en la cumbre una larga cornisa, y se divisan innumerables castillos, todos perfectamente iguales. Poco tiempo despues se disipan y forman torres que desaparecen á su vez para no dejar visible mas que una columnata, luego ventanas y, por último, picos y cipreses que se multiplican tambien extraordinariamente.

Estas fantásticas apariciones se produjeron tambien

cerca del mismo Edimburgo, en Escocia, hace muy poco tiempo, con general asombro, los días 16 y 17 de Junio de 1871, vísperas de una gran tempestad. Esta es seguramente una de las mas notables especies de espejismo que se pueden ver.

CAPITULO IX.

ESTRELLAS FUGACES.

Bóidos. — Aerolitos. — Piedras que caen del cielo.

No hay uno solo entre mis lectores á quien no haya sorprendido mas de una vez, en medio de la profunda calma de una noche hermosa y estrellada una estrella que desprendiéndose de los cielos, resbalaba sobre la bóveda celeste y se apagaba sin ruido. Tal vez algunos de los que leen esta página han tenido el privilegio mucho mas raro de ver no solo una *estrella fugaz* sino un fenómeno mas brillante y á veces de un efecto aterrador: el paso de un *bólido* inflamado, que atraviesa rápidamente el espacio y esparce por todas partes una luz centellante; de un globo de fuego que deja tras sí un rastro luminoso y á veces estalla con una esplosion análoga á la de un cohete colosal, con un ruido comparable al del cañon. Tal vez algunos han podido por una casualidad mas dichosa y mas rara todavia, recoger un fragmento de la esplosion de un bólido, un pedazo caido del cielo, un *meteorito* ó piedra emanada de las alturas de la atmósfera.

He aquí tres hechos distintos, y que parecen sin embargo unidos entre sí por relaciones de origen. Los progresos verificados desde hace algunos años en el estudio particular de estos meteoros, nos invitan á estudiarlos separadamente, ocupándonos primero de las Estrellas fugaces,

después de los Bóidos, y por último de los Aerólitos como tercer objeto de este capítulo especial.

El primer punto que debe examinarse en el estudio de las estrellas fugaces es medir la altura á que aparecen. Dos personas colocadas en dos puntos distantes uno de otro, observan separadamente el trayecto de una estrella fugaz, entre las constelaciones. La línea no es absolutamente la misma para ambos á causa de la perspectiva. Calculando la diferencia se obtiene la distancia. Así es como habian procedido ya, desde el año 1798, dos estudiantes alemanes, Brandes y Benzemberg. Las últimas investigaciones hechas sobre este asunto por Alejandro Herschell (nieto del célebre Guillermo Herschell) por el profesor Newton, de Newhaven, (que se encuentra precisamente en París en el momento en que escribo estas líneas, y acaba de traerme estos último resultados), y por el Padre Secchi, director del Observatorio de Roma, han permitido deducir que la altura media de una estrella fugaz es de 120 kilómetros al principio de su aparición y de 80 kilómetros ó 20 leguas al fin de su paso visible.

La velocidad varía de 12 hasta 70 kilómetros por segundo.

No todas las noches del año son iguales respecto al número de estrellas fugaces. Resulta de las observaciones que respecto á este número hay periodicidades anuales, mensuales y diurnas.

Desde el último siglo se vienen observando los grandes flujos de estrellas fugaces. Brandes refiere que el 6 de Diciembre de 1798 yendo á Brema en una diligencia, contó 489 por una de las ventanillas, y calcula por esto que debieron aparecer en el cielo por lo menos 2 000 durante toda la noche.

En el mes de Noviembre de 1799, y en su noche del 11 al 12 A. de Humboldt y Bonnpland asistieron en Cumana (América) á un verdadero chaparrón de estrellas fugaces. Bonnpland declara que no habia en el cielo un espacio cuya estension fuese igual á tres diámetros de la luna que no se viera á cada momento lleno de estrellas fugaces. Los habitantes de Cumana estaban aterrorizados con el fenómeno:

los mas ancianos recordaban que en 1766 se habia presentado otro análogo, acompañado de un temblor de tierra.

Esta lluvia de estrellas de fines del siglo último, se habia olvidado algun tanto cuando se observó, tambien en América, un nuevo chaparron el 13 de Noviembre de 1833. El profesor Olmsted, de Newhaven, apoyándose en algunos datos que se le habian referido, hace ascender á 200 000 el número de estrellas fugaces que aparecieron en algunos sitios, durante la noche del 12 al 13 de noviembre.

Olmsted fué el primero que hizo observar que la gran aparicion de Noviembre debia ser periódica y reproducirse todos los años en la misma época, y efectivamente se comprobó, cada año, hácia el 12 ó 13 de Noviembre un aumento muy marcado en el número de estrellas fugaces que aparecian en el cielo; pero esto estaba muy lejos de reproducir el fenómeno extraordinario visto en América en 1833. El astrónomo Olbers escribia con este motivo en 1837. «Tal vez tendremos que esperar hasta 1867 antes de ver renovarse el magnífico fenómeno que se ofreció á nuestras miradas en 1799 y 1833.» Esta atrevida prediccion la hemos visto confirmada un año antes; en 1866 (1).

(1) Las grandes lluvias de estrellas fugaces se presentaron en Madrid en las noches del 13 al 14 de Noviembre, de 1867 y de 1868: por consiguiente, la primera, que fue la mas considerable, correspondia perfectamente con la prediccion de Olbers. Ignoro la causa porque Flammarion ha hecho adelantarse un año este fenómeno. Lo que ha sucedido es que se observó con bastante fuerza no solo en el año 1833, sino tambien en 1832, como ya se habia observado en 1798 y 1799, lo cual parece indicar claramente que hay en cada período de 34 años, dos en los cuales la lluvia de estrellas en la noche del 11 al 12, ó del 12 al 13 de Noviembre es abundantísima. Las personas que quieran estudiar el fenómeno de las estrellas fugaces, deben leer un interesantísimo artículo sobre las mismas, escrito por el tan ventajosamente conocido astrónomo don Miguel Merino, y publicado en el *Anuario* del Observatorio Astronómico de Madrid correspondiente á 1870.

Las estrellas fugaces no siempre tienen el mismo color, y aun le cambian á veces en el momento de verificar su corrida. Poey cita una estrella roja cuya cola se convirtió en un vapor blanco-azulado; otra cuyo rastro se disipó dejando en el cielo una mancha verdosa, y otra que se dividió en una multitud de estrellitas blanquecinas. Las estudiadas en Inglaterra desde 1841 á 1855 eran en su mayoría azuladas, despues se volvieron amarillas, y por último rojas.

(N. del T.)

Resulta desde luego del conjunto de las observaciones que el número de estrellas fugaces que aparecen habitualmente en toda la estension del cielo visible, durante una hora, es por término medio de 10 á 11. Ahora bien, en el momento del máximo correspondiente al 12 ó 13 de Noviembre este número horario igual á 50 en 1834 se rebajó progresivamente cada año hasta reducirse á 30 en 1839, á 20 en 1844, á 17 en 1849. Tres ó cuatro años despues el máximo desapareció para volver á las condiciones normales de 10 á 11 por hora.

Las cosas permanecieron en este estado hasta 1863 en cuyo año se presentó un máximo de 37 estrellas por hora, correspondiente á la misma época; este máximo se elevó el año siguiente á 74 por hora, y sirvió así de precursor á la grande aparicion de 1866, por la cual se cumplió la predicción de Olbers.

El 10 de Agosto se verifica tambien otro máximo, observado por M. Quetelet desde 1837. El número horario máximo de estrellas fugaces fue de 59 en esta fecha. Este número se elevó progresivamente hasta llegar á 72 en 1841, á 85 en 1845 y hasta 110 en 1848; desde entonces fue bajando poco á poco de año en año para reducirse á 38 en 1859, y desde esta época ha habido alternativas de aumento y de disminucion que le hacen variar entre 37 y 67.

Hé aquí, pues, una variacion *anual* bien comprobada de estas lluvias periódicas. Las observaciones de Coulvier-Gravier establecen claramente la existencia de una variacion *mensual*. El número de estrellas fugaces es mayor en otoño que en primavera.

Hay tambien una variacion *diurna*. Los números horarios van aumentando desde las 6 de la tarde hasta las 6 de la mañana en la proporcion del simple al doble.

Se ven estrellas fugaces en todas partes del cielo; pero si se examina la orientacion de los puntos de donde parecen venir se encuentra que las diversas partes del horizonte no presentan cantidades iguales. Tambien hay en este concepto una variacion azimutal que las observaciones anotadas cuidadosamente han hecho conocer. Vienen muchas

mas estrellas fugaces del Este que del Oeste, y poco mas ó menos las mismas del Norte que del Sur.

Estas variaciones se esplican por el movimiento de la tierra en un espacio en que circulara en todos sentidos un número considerable de corpúsculos (1).

Puede deducirse de estas observaciones que las estrellas fugaces se deben con efecto al choque sucesivo de la tierra con una porcion de corpúsculos que circulan en los espacios celestes, y que vienen á nosotros con velocidades próximamente iguales entre sí.

Importa agregar á la teoría que antecede para esplicarnos la naturaleza de estas lluvias de estrellas, que estos corpúsculos errantes no proceden indistintamente de todas las regiones del espacio. Hay direcciones particulares señaladas por las lluvias periódicas.

En los momentos de máximo, hácia el 12 y 13 de noviembre y hácia el 9 y 10 de agosto, las estrellas fugaces en vez de venir indiférentemente de todas las regiones del espacio, vienen casi todas de direcciones determinadas: las de noviembre parten de la constelacion del *Leon*; las de agosto de la constelacion de *Perseo*.

¿Qué caminos siguen en el espacio estas lluvias periódicas cuya existencia se ha comprobado?

Acabamos de ver que su velocidad es la que tendrian los cometas que llegáran á la Tierra desde las profundidades del espacio: su órbita puede asimilarse tambien á las órbitas de los mismos cometas. El abate Schiaparelli, director del observatorio de Milan, ha tratado de determinar los elementos que caracterizan la posicion y la forma de la parábola seguida por la corriente meteórica del 10 de Agosto y despues ha comparado estos elementos astronómicos á los que se obtienen calculando las órbitas de distintos cometas. De este modo ha podido establecer una relacion inesperada entre la órbita que acababa de encontrar para la lluvia de estrellas fugaces del 10 de Agosto y la del gran cometa observado en 1862.

(1) Véase la esplicacion astronómica en la nota VII del Apéndice.

Suponiendo que estos meteoros tengan cada 108 años un máximo de frecuencia que no sea tan repentino ni de tan corta duracion como el de noviembre, sino que dure 20 ó 30 años, este período se relaciona íntimamente con el tiempo de la revolucion del gran cometa de 1862 y podria mirarse como el mismo período de la vuelta del cometa á su perihelio.

El período de las grandes apariciones de noviembre indicado por Olbers desde 1837, acababa de confirmarse en 1866 y podia fijarse en 33 años y una fraccion, trazando alrededor del Sol una elipse cuyo eje mayor correspondiese á esta duracion, encontró que la duracion del movimiento de estas estrellas fugaces para recorrer su órbita es de 33 años y $\frac{1}{4}$ es decir, la misma que la del cometa de Tempel.

Una lluvia de estrellas fugaces observada el 10 de Diciembre describe en el espacio la misma elipse que el famoso cometa de Biéla y la de 20 de Abril, se mueve segun la órbita del primer cometa de 1861.

Estos resultados han arrojado una gran luz sobre la cuestion de las estrellas fugaces. El cometa que recorre en el espacio la misma órbita que una lluvia de estrellas, debe considerarse como formando parte integrante del conjunto: no es otra cosa que una concentracion local de la materia que forma las estrellas, concentracion bastante grande para que la cantidad de materia que contiene se vea aun á distancias muy considerables de la Tierra. Segun esta teoría las estrellas fugaces son de la misma naturaleza que los cometas: consisten en pequeños objetos nebulosos que se mueven en el espacio sin que podamos percibirlos á causa de su pequenez, y que se nos hacen perceptibles *cuando penetran en la Atmósfera de la Tierra*. Lo mismo que los cometas parece que están en estado *gaseoso*.

Una corriente de estos meteoros que encuentre á la órbita de la Tierra en un punto de su contorno debe atravesarse por la Tierra todos los años por una misma época: de aquí estas lluvias periódicas de estrellas fugaces que se reproducen de año en año con una intensidad variable, segun la mayor ó menor proximidad de los copos de materia

nebulosa en las diversas posiciones de la corriente con que se encuentra sucesivamente la Tierra.

Al mismo tiempo que el astrónomo italiano publicaba las anteriores deducciones, llegaba en París por otro camino á los mismos resultados M. Le Verrier. Segun su opinion, la lluvia de estrellas fugaces de noviembre debe su forma cometaria actual á una perturbacion que ejerció sobre ella el planeta Urano el año 126 de nuestra era. De todos modos, el estudio de las estrellas fugaces dista mucho de estar terminado, y la *Asociacion científica* de Francia ha organizado un sistema de observaciones que proporciona ya á la ciencia resultados de gran importancia.

Tales son nuestros conocimientos actuales sobre las órbitas de las estrellas fugaces, que corta la órbita terrestre en muchos puntos de su longitud.

Hagamos ahora conocimiento con los *Bólidos*.

Si las estrellas fugaces son gaseosas, hay ya una distincion notable entre ellas y los bólidos que en su gran mayoría son indudablemente sólidos.

Para dar una idea del fenómeno meteórico de la explosion de un bólido citaré entre las caidas mas recientes, una de dia y otra de noche, ambas del año 1868:

Veamos primero la caida de dia. Estamos en el distrito de Casale, en el Piamonte, el 29 de Febrero: el cielo está parcialmente cubierto y son las diez y media de la mañana. De repente se oye una fuerte detonacion, que podria compararse á la descarga de una pieza de artillería de grueso calibre, ó á la explosion de una mina. Despues de un intervalo de dos segundos se oye otra detonacion compuesta de dos distintas, que se sucedieron una á otra de tal modo que la segunda parecia ser la continuacion ó la prolongacion de la primera: estas detonaciones se oyeron hasta en Alejandría, á una distancia de mas de 32 kilómetros. Todavía no se habia terminado el ruido, cuando se percibió á una altura considerable sobre el suelo una masa de forma irregular, envuelta en una atmósfera de humo que la hacia comparable una nubecilla. Dejaba tras sí un largo rastro de humo; otras personas vieron distintamente y á una gran altura, no una sino muchas manchas semejantes

á nubecillas que desaparecieron casi inmediatamente. Poco despues, algunos labradores que estaban descansando de sus trabajos vieron caer precipitadamente muchas piedras, y oyeron el ruido que hacian al chocar contra el suelo. Todos los testigos de este hecho á quienes se pudo interrogar aseguran unánimemente que el número de estas piedras era muy considerable, y que debieron dar ocasion á una verdadera lluvia de aerolitos de todas dimensiones. Algunos paisanos ocupados en cortar árboles en un bosque situado á 1 200 metros de Villeneuve, en el camino real que va de Casale á Vercelli, vieron caer, despues de estas detonaciones, como una granizada de granos de arena: uno de estos fragmentos, de un tamaño bastante notable, dió en el sombrero de uno de ellos. Los aerolitos que se encontraron en el suelo consisten en: 1.º un trozo de peso de 1920 gramos, que cayó en un campo de trigo, á 600 metros al S. E. de Villeneuve, y penetró 0^m,40 en el suelo: 2.º un trozo que pesaba 6 700 gramos, que cayó en un sembrado al Norte de Villeneuve, á 2 350 metros del primero, y que se hundió hasta una profundidad de 0^m,37: 3.º los numerosos fragmentos en que se rompió otro trozo, que cayó sobre el empedrado delante de una posada de Molta dei Conti, á 3 150 metros del primero, y á 3 240 metros del segundo.

Veamos ahora la caida que se verificó de noche, la cual nos completará la idea de estos singulares efectos. Estamos en los Bajos Pirineos en el distrito de Mauleon el 7 de setiembre de 1868 á las dos y media de la madrugada. De repente se ilumina el cielo por un meteoro que presenta el aspecto de una bola incandescente y que deja tras sí un largo rastro de fuego; espatee una viva claridad de un verde pálido; su duracion se evalúa en seis á diez segundos; antes de desaparecer, estalla proyectando fragmentos encendidos y dejando en el sitio que ocupaba una nubecilla blanquizca que persiste durante algun tiempo. A esta aparicion siguió un ruido continuo semejante al redoble lejano de un trueno, y despues tres ó cuatro detonaciones sumamente violentas, que se oyeron en puntos, cuya distancia no bajaba de 80 kilómetros. Despues de estas detonaciones los

habitantes de Sanguis-Saint-Etienne oyeron un ruido estridente semejante al que hace un hierro albandando cuando se introduce en el agua, y por último un ruido sordo que indicaba la caída de un cuerpo sólido en el suelo. Efectivamente habia caído un cuerpo sólido en Sanguis á 30 metros próximamente de la iglesia y en el cauce de un arroyuelo. Se habia despedazado completamente hasta el punto de que los fragmentos mas gruesos apenas tenían cinco centímetros de lado. La caída se demostró por dos hombres que se habian retirado tarde y que aun prolongaban su conversacion á la puerta de una de sus casas; asustados por las detonaciones y por el silbido se echaron al suelo y vieron la piedra caer delante de ellos á una veintena de metros. El peso de esta piedra se puede evaluar en 3 ó 4 kilogramos.

Estos dos ejemplos, que escojo entre un gran número, dan una idea suficiente de estas piedras caídas del cielo, que durante algun tiempo se consideraron como fabulosas. Apenas hace medio siglo que se cree en ellas, y que el hecho se ha demostrado científicamente.

Los bólidos, pues, al contrario de las estrellas fugaces que se estinguen y se pierden en las regiones superiores, atraviesan todas las capas atmosféricas y llegan frecuentemente á chocar con la superficie de la tierra. Esto da lugar á que el fenómeno luminoso que los acompaña tome habitualmente á nuestros ojos una intensidad mucho mayor, porque las regiones en que se produce están mucho mas cerca. Pero vistos desde muy lejos, como sucede con aquellos en que la direccion del movimiento no los hace penetrar muy adentro de la atmósfera, los bólidos deben presentarnos el mismo aspecto que las estrellas fugaces.

Cuando penetran de este modo, se produce frecuentemente una esplosion simple ó múltiple, seguida en un gran número de casos de una lluvia de fragmentos del bólido, destacados de su masa por el hecho de la esplosion. Los bólidos son, pues, cuerpos sólidos como los fragmentos que se destacan de ellos.

Unas veces se ha visto que las órbitas descritas por los bólidos en su movimiento con relacion á la Tierra, son clip-

ses de muy escasas dimensiones, que hacian creer que estos bólidos no eran otra cosa que satélites de la Tierra, visibles solamente mientras dura su paso á través de la Atmósfera (véanse con este motivo las investigaciones de Petit, de Tolosa); otras veces por el contrario se han hallado para estas órbitas arcos de hipérbola, casi rectilíneos recorridos con velocidades considerables, lo que conduce á suponer que los bólidos animados de tales movimientos, vienen de los espacios siderales, de los cuales han debido partir con velocidades muy grandes tambien.

Los *aerolitos* son minerales caidos del cielo á la Tierra, que proceden de la esplosion de un bólido.

Cuando se quieren coger estas piedras inmediatamente despues de haber caido en la Tierra, se encuentran ardiertes, pero se enfrian con gran rapidez: lo cual indica que la temperatura algo elevada que se les encuentra al principio es completamente superficial y no se estiende á toda su masa.

En cuanto á la forma de los aerolitos, no es ni la de bolas mas ó menos perfectas, ni la de trozos de forma redondeada, sino mas bien la de poliedros groseros, con caras y aristas poco regulares. Las partes próximamente planas de su superficie presentan con frecuencia depresiones análogas á las que produce la presion de un cuerpo redondo en una materia en estado pastoso. Ademas estan cubiertos de una costra negra, ordinariamente mate, y algunas veces reluciente como un barniz, cuyo espesor no llega á un milímetro.

La luz que se manifiesta en el movimiento de los bólidos se debe únicamente al *calor desprendido por la compresion de aire*.

Veamos cómo pueden producirse los fenómenos de esplosiones y caidas de aerolitos que son sus consecuencias mas frecuentes.

La enorme compresion del aire, empujado por el bólido no puede verificarse sin que este aire reaccione sobre la parte anterior de la superficie del cuerpo y egerza sobre ella una presion considerable. Suponiendo al bólido una velocidad de 7 kilómetros por segundo, lo cual está muy

lejos de ser exagerado, calcula M. Haidinguer en mas de veintidos atmósferas la presion con que se opone al movimiento del bólido la resistencia del aire. Una presion de esta naturaleza tiende con evidencia á aplastar el cuerpo sobre que se ejerce; y si este cuerpo en virtud de su forma ó de su constitucion íntima mas ó menos irregulares presenta algunas partes que dan mayor acceso que las demás á la accion de una presion tan inmensa, pueden ceder y destacarse bruscamente de la masa del bólido. Lanzados, como acabamos de decir, por la expansion del aire comprimido, en sentido contrario del movimiento que pocos momentos antes llevaban unidos á la masa del bólido, estos fragmentos pierden casi por completo la gran velocidad que tenian, y llegan á la superficie de la tierra con velocidades á decir verdad muy grandes aun, pero que no se deben á otra causa sino á la enorme altura de que caen.

Estamos inclinados á considerar que los bólidos tienen cierta mancomunidad de existencia y de origen con los planetas que circulan en tan gran número alrededor del Sol, y forman parte probablemente de nuestro sistema planetario. Desde luego el descubrimiento que se ha hecho en estos últimos tiempos de un considerable número de planetas de cortísimas dimensiones, induce á creer que existen otra multitud mas pequeños aun, y que escapan por su misma pequeñez á las observaciones.

Al ver las dificultades inmensas con que se tropezaba para atribuir á los bólidos un origen puramente terrestre, se habia emitido hace mucho tiempo la idea de que podrían no ser otra cosa que piedras lanzadas hácia la Tierra por los volcanes de la Luna (1). Esta idea se acogió y desarrolló en 1795 por Olbers, y al principio de este siglo por Laplace, Lagrange, Poisson y Biot; pero no tardaron en presentarse objeciones sérias de mas de una especie á esta teoría y se acabó por abandonarla para adoptar, tomándole de Chladni el sistema que consiste en considerar los bólidos

(1) A consecuencia de haberles atribuido este origen se han llamado algunas veces en español los aerolitos, *piedras de luna*.

(N. del T.)

como cuerpos que vagan libremente en el espacio y vienen alguna que otra vez á penetrar en la atmósfera de la Tierra.

Sea cualquiera el papel que los bólidos representen realmente en el universo, la posibilidad en que estamos de examinar los fragmentos que nos dejan al pasar por aquí, es de mucho precio por los datos que podemos sacar de ellos, acerca de la constitucion y de la naturaleza íntima de los cuerpos estraños al globo en que habitamos.

Por este motivo se procura con gran cuidado, especialmente desde hace algunos años, recoger por todas partes las piedras que caen del cielo en las esplosiones de los bólidos; y se forman colecciones de esta categoría especial de rocas, á las cuales para distinguirlas de las rocas terrestres, se les da el nombre especial de *meteoritos*. Existen, en diversas localidades, hermosas é importantes colecciones de esta clase. Citaremos particularmente la del Museo de Historia Natural de París; la del Museo Británico de Lóndres; la del Museo Mineralógico de Viena. La coleccion de París, que ha tomado un gran desarrollo bajo la hábil direccion de Mr. Daubrée, contiene actualmente ejemplares de 240 caidas, es decir, casi de todas las caidas que se conocen, porque el número de las representadas en las diversas colecciones no pasa de 255.

Se comprende fácilmente que se hayan ocasionado incendios por las caidas de aerolitos, y que tan gran número de caidas hayan causado la muerte directamente á muchas personas. Se conocen 14 muertes de esta especie.

Las piedras mas gruesas caidas del cielo, son las siguientes:

El meteorito que cayó en Juvénas (Ardèche), el 13 de junio de 1821, pesa 92 kilogramos, sin contar los fragmentos que se han destacado de él.

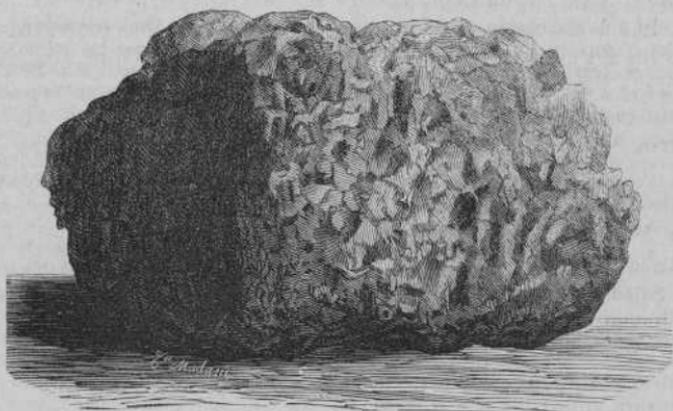
El meteorito que cayó en Chile, entre Rio-Juncal y Pedernal, en la elevada cordillera de Atacama, pesa 104 kilogramos, tiene la forma de un cono, y mide 48 centímetros de longitud por 20 de diámetro. Los mineros que le transportaron en sus mulas, le creyeron un bloque de plata. Figuró en la Exposicion Universal de 1867.

La piedra meteórica de Murcia, que pertenece al Museo de Ciencias naturales de Madrid, pesa 114 kilogramos (1).

El aerolito que cayó en 1492 en Ensisheim (Alto Rhin), á la vista de Maximiliano I, rey de los romanos, pesa 138 kilogramos: se hundió cinco pies en el terreno, y durante mucho tiempo fue venerado en la iglesia como un objeto milagroso.

El aerolito que cayó el 25 de diciembre de 1869 en Mourzouk (latitud 26° N., longitud 12° E. de París), en medio de un grupo de árabes, muy asombrados, debe pesar mas aun, porque tiene cerca de 1 metro de diámetro.

(1) Este meteorito cayó en las inmediaciones de Molina, partido judicial de Mula, en la madrugada del 24 de Diciembre de 1858. Su peso, co-



Piedra meteórica de Murcia.

mo dice el autor, es de 114 kilogramos. Tiene la forma de un prisma de base trapezoidal, y una altura de 27 centímetros, por 42 de largo y 35 de ancho en la base. El análisis, segun M. Meunier, es el siguiente:

Silicato atacable por los ácidos (semejante al peridoto).	38,688
Silicato inatacable (semejante á la piroxena).	24,640
Hierro níquelífero.	14,990
Hierro cromatado.	0,920
Sulfuro de hierro (troilita).	20,520
Fosfuro metálico.	indicios.

99 958

Pero ninguno iguala á estos :

El meteorito de Caille (Alpes marinos), que servia de asiento en la puerta de la iglesia y ahora está en el Museo, pesa 625 kilogramos.

El meteorito que cayó en 1810 en Santa Rosa (Nueva Granada) en la noche del 20 al 21 de abril, pesa 750 kilogramos. Cuando se descubrió estaba enterrado casi por completo en el suelo, por la fuerza de la caída.

La densidad es 3,695.

Fué regalado al Museo de Ciencias naturales de Madrid, donde se encuentra, por don Rafael Martínez Fortun. El grabado que acompaña á esta nota le representa en escala de $\frac{1}{40}$.

El 6 de diciembre de 1866, cayeron en Cangas de Onís (Oviedo), un gran número de meteoritos, recogidos cuidadosamente por las personas aficionadas á las ciencias, y cuyo conjunto formaba en peso mas de 20 kilogramos. El estado de la Atmósfera era despejado, y solo en la parte Norte se distinguía una nube blanquecina que adelantaba con rápido movimiento, produciendo un ruido semejante al de una locomotora, y que se desvaneció despidiendo en forma de chispas los diversos meteoritos que se encontraron luego, y que ascendieron á mas de 40. Puede verse su descripción en el cuaderno 1.º del tomo III de los «Anales de la Sociedad Española de Historia Natural.»

El 18 de agosto de 1870, cayó tambien en las inmediaciones de la ciudad de Murcia otro aerolito, hallándose la Atmósfera completamente despejada, y apareciendo solo algunos celages por la parte de Levante. Con intervalo de muy pocos segundos se oyeron dos fuertes detonaciones, y despues un ruido prolongado como de objetos arrastrados violentamente por el suelo. Despues se divisó en la Atmósfera un globo de fuego que dejaba tras sí una estela luminosa y que caminaba de Poniente á Levante, viniendo á caer en el suelo, donde se hizo varios pedazos. El mayor pesaba 13 kg 340; habia otro de 10,695; otro de 5,750 y otra porcion pequeños, cuyo peso total pasaba de otros 10 kilogramos. El ruido se oyó en puntos tan distantes como Aguilas, Lorca, Cartagena y Mazarron, y el rastro luminoso que dejaba en el aire se vió desde Espinardo, á 6 kilómetros de Murcia, á pesar de la luz de un día despejado.

El aspecto general de la masa de este aerolito, es parecido al de una roca traquítica, aunque de grano mas fino: su color gris claro, y mas claro aun en la raya, presentando en algunos puntos brillo metálico. Es áspero al tacto, poco consistente, y los fragmentos pequeños hasta deleznable. Por la parte exterior estaba cubierto de una cutícula negra fundida, de 1 milímetro escaso de espesor. Contiene en su masa muchos puntos oscuros de aspecto metálico, que probablemente son de hierro niquelífero. Su densidad es de 3,539 y es magnético, pero sin presentar indicios de polarizacion.

(N. del T.)

En fin, la mas colosal de las piedras caidas del Cielo y conocidas hasta hoy, es el meteorito traído de la campaña de Méjico, que no pesa menos de *setecientos ochenta kilógramos*. Existia desde tiempo inmemorial en Charcas. Su forma es la de un tronco de pirámide triangular que mide un metro de altura sobre 47 centímetros. Es un ejemplar respetable del mundo que nos le ha enviado.

Resulta de muchos cientos de análisis debidos á los mas eminentes químicos, que los meteoritos no han presentado ningun cuerpo simple extraño á nuestro globo. Los elementos que se han reconocido con certeza hasta el presente ascienden á 22: hélos aquí clasificados próximamente segun su cantidad.

El hierro constituye la parte dominante; despues siguen:

El magnesio;—silicio;—oxígeno;—níquel (que es el principal acompañante del hierro);—cobalto;—cromo;—manganeso;—titano;—estaño;—cobre;—aluminio;—potasio;—sodio;—calcio;—arsénico;—fósforo;—nitrógeno;—azufre;—indicios de cloro;—y por último, carbono ó hidrógeno.

Las rocas que presentan caracteres de semejanza con los meteoritos, pertenecen todas á las regiones profundas del globo.

Por el estudio de los meteoritos, y sobre todo por el examen comparativo de sus densidades ha podido M. Daubrée (*Journal des savants*, mayo de 1870) restablecer teóricamente el planeta roto, al que parecian haber pertenecido, porque representan en cierto modo el núcleo despedazado (densidad 3 á 8) sin nada de la corteza exterior. Estas consideraciones inducen á mirar en este estado fragmentario, el destino final á que están sujetos todos los planetas, cuando las condiciones de vida, de calor y de humedad no existan en su seno. De este modo podremos encontrar dentro de nuestro mismo sistema planetario las etapas de la verdadera historia universal. El Sol representa el período de incandescencia primitivo; la Tierra el reinado de la vida; la Luna la decadencia; los meteoritos el fin de los mundos.

CAPITULO X.

LA LUZ ZODIACAL.

Para completar nuestro panorama de los fenómenos ópticos del Cielo, prestaremos ahora atencion á esta claridad nocturna que ilumina vagamente las alturas de la Atmósfera durante ciertas noches transparentes. Como las estrellas fugaces y los bólidos proceden de las profundidades del espacio y su esplicacion pertenece ya á la astronomía; pero manifestándose en nuestro cielo, esa luz meteórica nos invita á examinarla un instante en esta ocasion.

Despues de ponerse el Sol en los meses de enero, febrero, marzo y abril, y antes de que salga en el mes de noviembre, la bóveda celeste presenta á veces una faja de luz inclinada al horizonte y recostada en el zodiaco, es decir en el camino aparente que por su variacion de sitio anual parece que traza el Sol en el Cielo. Esta luz no se observó por los antiguos, y su descubrimiento se debe á Childrey que habla de ella en su *Historia Natural de Inglaterra* publicada hácia 1659. Pero las primeras investigaciones científicas no se remontan mas allá de 1683 y se deben á J. D. Cassini.

Cuando la luz zodiacal empieza á aparecer, por la tarde despues de puesto el Sol, se mezcla cerca del horizonte con los últimos fulgores de la claridad crepuscular, y la reunion de estas dos luces ofrece el aspecto de un cono de generatrices convexas. Este cono, que al menos en nues-

tros climas es inclinado, tiene su base en el horizonte y su vértice á cierta altura por cima de él.

Hácia el Ecuador esta claridad pierde rápidamente su aspecto cónico á medida que desaparecen los últimos indicios del crepúsculo, y cuando es ya noche cerrada, se distingue una faja de luz que da la vuelta entera al cielo, y que hace luminoso el zodiaco, por decirlo así. Algunas veces esta faja es visible sin interrupcion desde la postura hasta la salida del Sol. Las porciones mas próximas al sitio que ocupaba este astro, son mas brillantes que la vía láctea; las otras son muy débiles y solo se perciben en la zona intertropical, por la gran limpieza de la Atmósfera en aquellas regiones.

La luz zodiacal, cuando se puede ver bien, como sucede en la zona intertropical, es uno de los mas hermosos fenómenos celestes. Su color es un blanco puro.

Algunos observadores de Europa han creído á veces verla con un tinte rojizo. Este tinte no tiene nada de positivo. Si existiese seria seguramente entre los trópicos donde mejor podria distinguirse, porque la coloracion es siempre tanto mas sensible, cuanto mayor es la intensidad. Se han confundido á veces con ella las últimas señales del crepúsculo. Bajo los mismos trópicos, en los meses de enero y febrero en el de Cáncer, se eleva perpendicularmente al horizonte. Entonces cuando se hace totalmente de noche, se ve levantarse en el Poniente una hermosa columna blanca vértical, cuyo eje llega y aun sobrepuja en claridad á las partes mas luminosas de la vía láctea. Hácia los bordes de esta columna, la luz va desvaneciéndose suavemente hácia la débil luz del Cielo. Se distingue en esto de la vía láctea, cuyos bordes presentan en ciertos puntos una oposicion notable de luz con el fondo general, como en el hueco negro de la Cruz del Sur llamado *Saco de carbon*.

No es visible en Europa durante el verano, lo cual depende de su posicion inclinada hácia el horizonte Sur, que enrasa entonces con la parte del zodiaco visible durante la noche, y de la gran longitud de los crepúsculos. En febrero es cuando se reunen mejor las condiciones de su aparicion. En los paises cálidos la corta duracion de los crepúscu-

los y la posición de la eclíptica elevada siempre, permite observar el fenómeno durante todo el año. Hay sin embargo períodos en que su belleza es la máxima, períodos que corresponden siempre á las posiciones del Sol para las cuales el zodiaco, despues de anochecer ó antes de amanecer, se encuentra mas elevado sobre el horizonte y mas próximo al zenit.

Las observaciones de Cassini y de Mairan, que han visto á veces la luz zodiacal hasta á mas de 100° del Sol, indicaron hace mucho tiempo que este hermoso fenómeno se estiende mas allá de la órbita terrestre. Humboldt y Brorssen indicaron tambien un filete luminoso que unia el fenómeno del E. con el del O.

Examinemos ahora la naturaleza de esta nebulosidad que rodea el Sol. Muchos astrónomos del siglo pasado creyeron que no era otra cosa que la atmósfera de este astro, que se estendia á una inmensa distancia en sentido de su ecuador. Laplace partiendo de consideraciones geométricas, ha demostrado que esta hipótesis no es admisible y que la atmósfera solar no puede estenderse mas allá del límite en que la fuerza centrífuga debida á la rotacion, hiciese equilibrio á la atraccion de Sol. En mis cálculos relativos á la ley de rotacion de los cuerpos celestes, he hallado que á una distancia del Sol igual á 36 veces su semidiámetro, es donde la fuerza centrífuga desarrollada por la rotacion, equilibra la gravitacion que ejerce sobre las últimas partículas atmosféricas. Es matemáticamente imposible que la atmósfera solar pueda estenderse mas allá. Esta no es la mitad de la distancia de Mercurio al Sol, ni la 6.^a parte de la distancia á que gravita la Tierra, porque nosotros nos hallamos á 214 veces al semidiámetro del astro gigantesco que nos alumbrá. La luz zodiacal, que se estiende mas allá de la órbita terrestre, no es, pues, una atmósfera del Sol.

Los físicos han visto que todas las luces reflejadas, ó en otros términos, las luces que no son propias, adquieren las propiedades debidas á la polarizacion; pero que estas propiedades pueden sin embargo dejar de manifestarse en el caso en que la reflexion se verifique no en un gas ó en otra superficie continua, sino en una série de partículas.

distintas, como en las nubes por ejemplo que están compuestas de globulillos de agua.

No estando polarizada la luz zodiacal, resulta una de dos cosas; ó esta luz no ha sido reflejada y viene directamente de una materia luminosa por sí, ó si procede del Sol, se ha debido reflejar sobre una multitud de corpúsculos sin union entre sí, pero obedeciendo todos á las leyes de la gravitacion universal, es decir, girando alrededor del Sol en órbitas elípticas, como los planetas ó los cometas. Ahora bien, si la luz zodiacal procediese de una materia luminosa por sí misma, la propiedad de ser luminosa no impediría á esta materia que reflejase además parte de la luz solar, de modo que se advertirian en ella signos de polarizacion, á no ser que estuviera compuesta de corpúsculos distintos. En todos casos, pues, podemos considerar como un hecho demostrado, que se debe á corpúsculos sin conexion entre sí y circulando segun las leyes de la gravitacion alrededor del Sol que los ilumina. Vista la poca intensidad de la claridad que esparcen, es poco probable que posean tambien luz propia.

Acabamos de ver en el capítulo anterior, que hay torbellinos de corpúsculos que circulan alrededor del Sol y originan las estrellas fugaces cuando encuentran á su paso el planeta terrestre. Hemos visto tambien que los bólidos y los aerolitos testifican evidente y palpablemente la existencia de cierta cantidad de materiales cósmicos en fragmentos muy pequeños diseminados en el espacio planetario. Reuniendo estos diversos datos de la astronomía contemporánea, podemos deducir que el sistema planetario no se compone solamente de los grandes cuerpos celestes que tenemos costumbre de considerar, sino tambien de innumerables trozos que giran alrededor del Sol siguiendo la elipse de Keplero, y están distribuidos principalmente en el sentido del zodiaco, como los cuerpos principales. La mejor hipótesis que podemos dar hoy de la luz zodiacal, es ver en ella la imágen de estos innumerables corpúsculos que gravitan en el plano zodiacal como una inmensa nebulosa lenticular.

Mi amigo y compañero M. Liais, que habia indicado

ya esta conexión probable hace diez años, antes de la teoría cometaria de las estrellas fugaces, añadía, según la opinión de Mayer y de muchos físicos célebres, que esta luz tendría mucha más importancia aun para nosotros, porque no sería nada menos que la causa del calor y de la luz del Sol. Algunos de los corpúsculos de que está compuesta caerían sin cesar á la superficie de este astro, por consecuencia de la acción de los planetas que los separarían de su órbita: allí, su velocidad concluiría y se transformaría en calor, como sucede siempre que un rozamiento destruye una velocidad: calentada por estas caídas la atmósfera solar llegaría á una temperatura que la haría luminosa, sobre todo en su region media, en la cual se verificaria la mayor distribución del movimiento, porque las capas superiores atendida su escasa densidad, se calentarían menos, y las capas inferiores no recibirían los corpúsculos sino ya reducidos al estado de polvo ó de vapor, y con una velocidad que se habria aminorado ó desaparecido casi completamente en la region media (1).

(1) Esta teoría, propuesta en 1848 por el alemán Mayer, y confirmada posteriormente por los ingleses Watherston y Thomson, deja muchísimo que desear. En primer lugar si el calor del Sol procediera de los corpúsculos que se destacaran de la masa que produce la luz zodiacal y cayeran sobre el Sol, la intensidad de esta luz debería ir disminuyendo, lo cual no se ha observado hasta ahora; en segundo lugar la masa que hubiera podido producir, por su rozamiento con la atmósfera solar, el calor del Sol, hubiera debido producir al mismo tiempo un aumento apreciable en las dimensiones de éste, lo cual tampoco se observa; y en tercer lugar este aumento de la masa del Sol debiera haber producido otro aumento en la velocidad de la Tierra, y una disminución en la longitud de la eclíptica, lo cual no se ha observado tampoco. No puede aceptarse, pues, como teoría del calor del Sol la indicada por el autor, é ideada por Mayer, haciéndole depender de la luz zodiacal. Cierto que según los estudios más recientes parece indudable que de esa masa que circula por el espacio se precipitan hácia el Sol fragmentos que van á adherirse en la superficie del astro, pero no pueden explicar sino una mínima parte del calor observado en él. Hé aquí lo que, con este propósito, dice mi querido y respetable amigo don Miguel Merino, al final de un precioso artículo titulado *Las estrellas fugaces*, que se publicó en el *Anuario* del Observatorio Astronómico en 1870 «¡Pobre luz zodiacal!... Si para alimentar la hoguera del Sol no hubiera más leña disponible que la tuya, mañana el Sol se apagaría y todo habria concluido..... Resígnate con tu suerte, ó de concierto con el Sol busca y encomiéndate á cual-

La teoría de Mayer explica perfectamente por qué está mas caliente el Sol en el Ecuador que en los polos. En efecto, la luz zodiacal forma un anillo aplastado, cuya mayor dimension coincide casi con el plano del ecuador solar.

La misma teoría explica tambien fácilmente la periodicidad de las manchas del Sol. En efecto, obedeciendo los corpúsculos de la luz zodiacal á las leyes de la gravitacion, no pueden caer sobre el Sol mas que por efecto de sus perturbaciones planetarias. Debe, pues, haber en sus caidas, períodos que dependen de las revoluciones de todos los planetas, y sobre todo del mas poderoso de todos ellos, Júpiter. Esta variacion periódica de las caidas, ocasiona una variacion semejante en la cantidad de calor producida, y por consiguiente una periodicidad en las manchas y en las fáculas, periodicidad de cerca de once años.

Por otra parte, al entrar los corpúsculos en la atmósfera solar deben desarrollar electricidad rozando con las partículas sólidas ó líquidas de la foto-esfera: lo que explica la curiosa relacion observada entre el período de las manchas del Sol y el de las variaciones diurnas de la brújula en la superficie de la Tierra, variaciones que dependen del magnetismo solar.

Es posible que los meteoritos diseminados en número de millones de millones por toda la estension del sistema planetario, y principalmente en el plano general del movimiento, es decir, en el plano del zodiaco, los bólidos, las estrellas fugaces, corpúsculos sólidos en unos casos, líquidos en otros, gaseosos en algunos formen una sola especie de cuerpos celestes fragmentarios; que la zona en que principalmente gravitan se manifieste á nosotros por la reflexion vaga de la luz solar, constituyendo la luz zodiacal,

quier otro doctor alemán ó ruso, que á tí te cure de la tisis que padeces, y á él le libre de la plétora de que acabará por reventar. Yo que te contemplo y admiro con frecuencia, desde el suelo turbio y cenagoso, siguiendo la direccion que tú me marcas, elevo sin querer los ojos hácia lo alto, y detrás y por encima de tí columbro algo que me extasia y enajena, no tengo otro consejo que darte, ni mas esperanza de redencion que la referida.»

(N. del T.)

y que cayendo estos corpúsculos sobre el astro radiante sean la causa de sus manchas y sirvan para alimentar su inmensa hoguera, encendida sin duda por una fuerza química que se renueva tambien sin cesar; la disociacion.

Si este torbellino de corpúsculos no circula alrededor del Sol (lo cual no está todavía probado), es probable que circule alrededor de la Tierra, y tal vez de lejos haga el efecto del anillo de Saturno.

La aparicion de la luz zodiacal es bastante rara en Francia: apenas se vé con claridad mas que una ó dos veces al año en febrero. Se vió en Paris con una intensidad muy notable el 20 de Febrero de 1871, y la observé atentamente durante todo el tiempo que se pudo ver (6h 50m á 7h 30m). Con la forma de huso que manifiesta siempre tenía 18° de anchura en su base en el horizonte, y elevándose oblicuamente á lo largo del zodiaco terminaba en punta antes de llegar á las Pléyades. Desde el sitio del ocaso del Sol,—puesto hácia hora y media,—á la estremidad del huso, tenía 86° de longitud total. Su parte visible por cima del horizonte media 63°.

La apreciacion de su intensidad ha sido tanto mas fácil cuanto que la atmósfera de Paris apenas estaba alumbrada, en atencion á que no habia gas. Esta luz tranquila é inmóvil era muy distinta de los resplandores de la aurora boreal. El huso era mucho mas intenso en su region media que en los bordes, y mucho mas hácia la base que en la punta. La tinta, casi media vez mas brillante que la de la Vía láctea, era algo mas amarillenta. Las menores estrellas eran perceptibles á través de este velo, mientras que en la aurora boreal del 21 de Octubre anterior, se habian eclipsado las brillantes estrellas de la Osa mayor.

El cielo se veló poco á poco, y á las 8 las nubes no nos permitian seguir el descenso del cono luminoso hácia el horizonte. Al dia siguiente 21, se cubrió el cielo despues de la puesta del Sol; y desde el 22 la claridad de la luna en creciente, se opuso á toda clase de observaciones. (He dado esta descripcion en las *Comptes rendus de l'Academie de Sciences* del 27 de Febrero de 1871).

He observado otra vez este fenómeno el 6 de Marzo de 1872. Era menos intenso que en 1871, aunque tambien se extendia hasta las Pléyades.

CAPITULO XI.

ACCION GENERAL DE LA LUZ EN LA NATURALEZA.

Hemos asistido á los variados juegos de la Luz en el mundo atmosférico, y analizando los fenómenos ópticos, nos hemos explicado su naturaleza y el modo con que se forman. Este panorama general de las obras de la luz seria incompleto sino penetrásemos un instante en la mision grandiosa y profunda de este agente, sobre la totalidad de la vida terrestre. Porque la luz es la fuerza que sostiene en el infinito el esplendor de esta vida; es el atractivo y el adorno de la Tierra; es, para nosotros, el primer elemento de la existencia; pero los juegos que acabamos de saludar, no son aun otra cosa que sonrisas pasajeras de aquel rostro amigo siempre, que desde las alturas del cielo deja que los rayos de su mirada, alumbren nuestro oscuro mundo. Sin ella, el globo giraria en las tinieblas de una noche estéril y helada; con ella todo se mueve en medio de la alegría y de la vida eternas.

Hay mundos que no han recibido el beneficio de esta divina luz blanca á que debe la naturaleza terrestre su infinita variedad de colores, de tintas y de aspectos: hay mundos alumbrados por soles verdes, sin ningun otro color, por soles rojos que solo comunican á sus campos esta tinta; por soles azules, violados, que no derraman sobre su superficie mas que rayos teñidos siempre de estos mismos colores. A otros mundos los iluminan dos ó tres soles á la

vez, todos ellos de color de púrpura, y que se presentan sucesivamente ó á la vez en el horizonte. El espectáculo del Cielo nos enseña tambien, por comparacion, que los habitantes de la Tierra, no obstante su modestia en otros puntos, no somos los menos privilegiados, puesto que nuestro sol blanco nos dispensa todas las variedades posibles de la luz multicolora.

La fuerza luminosa esparcida por el radiante Sol en la Atmósfera terrestre impera como soberana en el planeta, distribuyendo en él las estaciones y los dias; teje con sus delicadas manos el ligero y tierno organismo de nuestras plantas, y esta accion que ejerce sobre el mundo vegetal, es la que debemos estudiar mas principalmente aquí.

Podríamos tratar de poner en evidencia la estética del imperio de la luz sobre la naturaleza animada: ver las tier-nas é inconscientes flores volverse instintivamente hácia la claridad, como el niño en la cuna, y presentarse como modelos á la humanidad consciente que con mucha frecuencia solo se sirve de su voluntad para volverse á las tinieblas; podríamos asistir al sueño y al despertar de las plantas, admirar su increíble energía para vivir en la claridad, y para inspirarnos la exquisita soberanía del poder de ésta en la naturaleza entera. Pero el objeto mas importante que debemos considerar aquí, es el de apreciar lo mejor posible las *cantidades de trabajo* representadas por la accion permanente de la luz en la Atmósfera, sobre las plantas.

La Luz es indispensable para la vida vegetal, y si bien ciertas plantas pueden crecer algun tiempo en la oscuridad, lo hacen lánguidas y enfermizas, y no pueden recorrer las diferentes fases de su existencia.

Los elementos mas esenciales que constituyen las plantas son el carbono, el hidrógeno y el oxígeno, á los cuales puede añadirse tambien el nitrógeno; haciendo abstraccion de sustancias como el silicio, el fósforo, el azufre, y de bases como la potasa, la sosa, la cal, etc., que solo se encuentran en muy pequeñas proporciones. Aquellas cuatro sustancias se encuentran en la Atmósfera; las tres últimas se fijan en las plantas durante el movimiento de la sávia, por reacciones químicas de las cuales solo conocemos el re-

sultado final; el carbono lo suministra el ácido carbónico del aire, y la luz es la que determina la accion en virtud de la cual se acumula en los vegetales.

Segun los esperimentos hechos por M. Boussingault desde el mes de junio al mes de agosto de 1865, entre las ocho de la mañana y las cinco de la tarde en atmósferas ricas en ácido carbónico, 1 metro cuadrado de hojas de laurel, ha dado al dia por término medio:

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

La relacion de estas dos cantidades es poco mas ó menos igual á la de 16 : 1; es decir que con estas hojas la descomposicion del ácido carbónico á la luz ha sido por término medio 16 veces mas enérgica que la emision de este gas en la oscuridad.

Analizando cierta cantidad de hojas antes de esponerlas al Sol, y una cantidad igual despues, es decir, pesando todos los elementos de la planta, se encuentra que bajo la accion de la luz hay sensiblemente tanto oxígeno emitido, como ácido carbónico fijado.

Analizando del modo oportuno cantidades equivalentes de las hojas antes y despues de la exposicion al Sol, y analizando tambien la atmósfera en que se encontraban, se ha demostrado que por la accion de la luz sobre las hojas, no hay ni absorcion ni emision de nitrógeno.

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

La luz determina la coloracion verde de las hojas y de los tallos; las otras partes del tejido vegetal, tales como las flores de tintas tan ricas y tan variadas, y como los mismos frutos deben tambien su color á su accion. Se podria decir que todas las tintas vegetales se producen por ella, ya en virtud de una accion directa ejercida por los rayos luminosos, ya en razon de efectos secundarios, es decir, de

reacciones que se verifican en los tejidos vegetales durante el acto de la vegetacion, porque muchas flores, por ejemplo, se coloran en el momento de abrirse. La corteza de los frutos, determina, como las flores, efectos de coloracion bajo la influencia de la luz. Se sabe, en efecto, que el color rojo de los melocotones se debe solo á esta influencia, lo mismo que los tonos rojos y amarillos de las manzanas, de algunas clases de uvas, y de un gran número de frutos.

Lo mismo sucede en el reino animal. La vivacidad de colorido en las plumas de las aves y en la piel de las bestias feroces, va disminuyendo desde los trópicos, hasta las regiones polares. El hombre del campo es bronceado; el de las ciudades permanece pálido; el prisionero se presenta á la piedad pública con una tez lánguida y descolorida.

Es muy notable ver, que la existencia de una pequenísimas cantidad de ácido carbónico en la Atmósfera y en el suelo vegetal, es la que determina la asimilacion del carbono en la superficie de la Tierra. Considerando solo la Atmósfera, se calcula por término medio en $\frac{4}{10000}$ del volumen del aire el de gas ácido carbónico que existe en un momento dado en la envolvente gaseosa de la Tierra. Suponiendo que el ácido carbónico esté repartido por todas partes en igual proporcion, como el peso de la Atmósfera equivale al peso de una capa de agua de 10 metros 33 centímetros repartida sobre la superficie de la Tierra, el peso de carbono contenido en el ácido carbónico que existe en el aire, equivale al de una capa de hulla, suponiendo que esta fuese carbono puro, que tuviera 1 milímetro y $\frac{1}{4}$ de espesor y que cubriese todo el globo. Esta cantidad es muy pequeña, y sin embargo ella suministra todo el carbono que se fija en los vegetales á cada instante. Se debe agregar á esto, que la pérdida de ácido carbónico se compensa constantemente por las cantidades del mismo gas que el suelo puede emitir á consecuencia de la descomposicion de las sustancias orgánicas, y por el ácido carbónico que resulta de la respiracion de los animales.

Se puede formar idea de la cantidad de trabajo determinado por la accion de la luz solar sobre la vegetacion, — cuyo equivalente podria encontrarse por la combustion de

los vegetales, — evaluando la cantidad de carbono fijada durante un tiempo dado por los mismos. Esta es la imágen que hemos evocado ya tratando de la vida (Libro I, capítulo VI, pág. 106).

En nuestros climas templados una hectárea de bosque produce una capa de hulla que tendria próximamente $\frac{3}{100}$ de milímetro de espesor; como acabamos de ver que el ácido carbónico que se encuentra en el aire en un momento dado, daría una diez veces mayor si todo el carbon del gas se fijase sobre el suelo, resulta que si toda la superficie del globo estuviese cubierta de una vegetacion igual á la de bosques y el ácido carbónico absorbido no se renovara, al cabo de unos diez años el aire no contendria ya ninguno.

Si se supone, pues, que la vegetacion sea la misma durante todo el año, la cantidad de carbon que fijaria en los árboles seria 4 320 kilogramos por hectárea.

Este dato es relativo á nuestro país; en las regiones ecuatoriales, en que la vegetacion es mas activa, seria superior sin duda alguna. Si se consideran las otras especies de cultivo, la proporcion de carbono que se fija anualmente puede ser tambien mayor. Se ha visto que durante un año, en un prado con buenos abonos, hay por hectárea 3 500 kilogramos de carbono que se fijan en las plantas, y el cultivo de las patatas de caña ha dado (cantidad máxima) 6 310. Se puede considerar que la proporcion de carbono fijada anualmente por una hectárea de los diversos cultivos, varia de 1 500 á 6 000 kilogramos en las regiones templadas, y esto por la accion de la luz en los distintos vegetales.

Por consiguiente, si se busca la cantidad de calor que produciria al quemarse este carbono, se tendrá una idea de la cantidad del trabajo producido por la luz sobre los vegetales en la superficie del globo. Como un kilogramo de carbono produce 8 000 unidades de calor, es decir la cantidad de calor que elevaria un grado la temperatura de 8 000 kilogramos de agua, los números mencionados dan, para estas cantidades de calor, los límites de 12 á 48 millones. Tomando como término medio la cifra de 24 millones, se vé que solo en Francia la accion anual de la luz sobre la

vegetacion, corresponde á la combustion de 166 millones de kilógramos de carbon! En toda Europa seria equivalente á un fuego de 166 000 millones de kilógramos. En toda la Tierra á un incendio de 40 millones de millones.

Sin embargo la cantidad de trabajo suministrada por los rayos *luminosos* del Sol durante el acto de la vegetacion en nuestros climas, y que se encuentra almacenada en las plantas para utilizarse despues, cuando se queman ó se emplean estas materias, es incomparablemente inferior, —como ya veremos—á la accion *calorífica* producida por la influencia de estos mismos rayos!

Un hombre de treinta á cuarenta años produce en el acto de la respiracion una cantidad de ácido carbónico que equivale á la que produciria la combustion de 11 gramos de carbono por hora; una mujer de la misma edad produce 7 gramos de este gas; se pueden, pues, admitir como término medio 9 gramos por persona; resulta de aquí que en 24 horas una persona produce una cantidad de ácido carbónico que contiene 216 gramos de carbono, y que 23 personas producen en el mismo tiempo, por el acto de la respiracion la cantidad de carbono que se fija por término medio durante un año por la vegetacion, en una hectárea de bosque.

Este curioso resultado no es igual para todos los cultivos, porque por ejemplo una hectárea de nuestras abundantes praderas, da una fijacion de carbono igual á la cantidad que saliera de los labios de 46 personas. Pero cualesquiera que sean los detalles, lo que hoy hace ver este conjunto, es el cambio permanente de átomos entre el reino vegetal y nosotros mismos, esta organizacion del equilibrio de la Atmósfera por la misma oposicion de las funciones orgánicas en los dos reinos. Vemos pues una vez mas, que una ley sábia establece sobre nuestro planeta una absoluta fraternidad entre todos los séres, y que esta fraternidad se desarrolla en la historia de la naturaleza bajo la activa é incesante proteccion de la luz.

La importancia del papel de la luz en la naturaleza; el deseo de conocer sus variaciones de intensidad segun los dias del año, me habian hecho hacia mucho tiempo, pensar en medirla por un procedimiento mecánico cualquiera.

Un hecho particular de mis escursiones aeronáuticas me obligó mas especialmente á ocuparme de este punto: fue el siguiente. Siempre que tenia que atravesar nubes me sorprendia de un modo estraño el aumento de claridad que se produce cuando se está en su seno y se va ascendiendo hácia su superficie superior. Algunas veces la luz difusa que existe bajo un cielo nublado es tan débil, aunque no lo observemos, que la vista se deslumbra cuando habiendo penetrado algunos cientos de metros en el grueso de una nube, se aproxima al aire luminoso, superior á esta sombría cubierta que con tanta frecuencia se estiende por encima de nuestras cabezas. Quise mediar esta variacion de luz; pero la cosa no era fácil.

No hay todavía para la luz un instrumento 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 que sufra variaciones instantáneas. Habia buscado al principio 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 investigaciones fueron infructuosas.

Por último ideé, á falta de otra cosa, tomar una sustancia que pueda impresionarse en proporcion de la luz que recibe y conservar esta impresion á fin de que se puedan comparar las intensidades luminosas anotadas en esta forma.

Añadiré, puesto que he empezado á hablar de estas investigaciones, que un hábil relojero de la Armada Nacional, M. Lecoeq de Argenteuil, tuvo la amabilidad de prestarse á construir por mis indicaciones un aparatito portátil que diese la variacion de la intensidad de la luz. Hé aquí cómo hemos construido este aparato.

El papel nitrado puede servir de sustancia impresionable. Un movimiento de relojería hace girar dentro de una caja de laton un cilindro sobre el cual está arrollada una capa de papel sensibilizado. La caja se coloca sobre una mesa; en su parte superior hay una ventanilla, por la cual entra la luz y cuya anchura está calculada segun el diámetro del cilindro. Éste gira alrededor de un eje central, ya en una hora para las observaciones rápidas, ya en doce

horas. Al pasar por delante de la ventanilla el papel preparado se impresiona mas ó menos segun la intensidad de la luz que obra sobre él.

El aparato se orienta al Sur en las observaciones en tierra. Al salir el Sol el papel pierde algo de su blancura. A medida que va siendo menos oblicuo se ennegrece cada vez mas intensamente y mas deprisa. Si pasan nubes delante del astro luminoso y oscurecen la Atmósfera queda blanco ó ligeramente agrisado durante el tiempo del paso. Si el Cielo está cubierto todo el dia las doce fajas horarias ó la faja diaria de doce horas determinan la intensidad relativa de la luz que ha atravesado las nubes. Si llueve, el papel se enrojece sensiblemente por la humedad; si el Cielo no está cubierto mas que durante una ó dos horas en el dia, el papel se presenta menos ennegrecido durante aquel período. Calculando el baño de plata se puede dar al papel toda la sensibilidad apetecible. Se ve, sin otros detalles que este aparato da por la série de sus indicaciones el estado diurno y horario de la luz, la variacion de la Atmósfera, la salida y la postura del Sol, su valor luminoso, la duracion efectiva de la luz y su intensidad al medio dia. Comparada con las indicaciones del termómetro para el calor, del higrómetro para la humedad y del barómetro para la presion atmosférica, completa la anotacion de la intensidad con que obran las fuerzas de la naturaleza sobre la vida vegetal y animal.

En mis viajes en globo este aparato, colocado horizontalmenteme ha indicado las variaciones de intensidad de la luz segun las horas, las alturas, el estado del Cielo, y sobre todo lo que yo habia deseado, la modificacion ocasionada por las nubes en la distribucion de la luz en la Atmósfera.

He dado á este instrumento el nombre de *fotómetro*.

La lámina que aparece á continuacion representa un ejemplo de los ensayos que he emprendido desde hace muchísimos años sobre este asunto y de la utilidad que podia sacarse de él en lo sucesivo. Es el facsímile de diferentes fajas de papel sensibilizado espuestas á la luz en el fotómetro. La primera es la de 20 de Marzo de 1868; se ve indicarse la luz desde antes de salir el Sol en un cielo sereno y aumentar despues gradualmente. La segunda indica el

ENSAYOS DE FOTOMETRIA.

(La tinta está en razon *inversa* de la intensidad de la luz).

Luz del cielo al salir el sol.

4h,40 5h 5h,50' 6h 6,50' 7h 7h,20'



Interposicion de una nube delante del sol.

9h 10h 10h,50' 11h medio día



Paso en globo al través de una capa de nubes (1867).

5h,50' 4h 4h,45' 4h,50'



Dia claro de verano.

med. noche 5h 6h 9h medio día 5h 6h 9h med. noche



Dia nublado de invierno.

med. noche 5h 6h 9h medio día 5h 6h 9h med. noche



Mañana nebulosa (4 de Mayo de 1868). París, Palacio Real.

9h 10h 11h medio día 1h 2h 5h



Eclipse del sitio de París (22 de Diciembre de 1870).

9h,50' 10h 11h medio día 1h 2h 5h



11° 12° 15° 14° | 15° 11° | 8°,5 11° | 15° 14° 9°
Principio del eclipse. Medio del eclipse. Fin del eclipse.

paso de una nube por delante del Sol, de las 10 y 30 á las 10 y 40 minutos. La tercera manifiesta que atravesando una capa de nubes en globo, la luz es mas debil en el momento en que se penetra en el interior de las nubes, se hace bien pronto análoga á la luz difusa de abajo, la sobrepaja luego en intensidad, crece á medida que se asciende y se hace completa tan luego como se ha pasado de la superficie superior de la nube. En las fajas 4.^a y 5.^a se puede comparar la *intensidad y la duracion* de la luz en el solsticio de verano (20 de Junio de 1869) y en el solsticio de invierno (22 de Diciembre de 1869).

Hay dias que son singularmente oscuros durante algunas horas. Tal ha sido por ejemplo el 4 de Mayo de 1868 entre las 10 y las 12 de la mañana. Tal ha sido tambien en 1870 el 8 de Julio desde la 1 á las 3 de la tarde. La luz disminuyó en París desde las 10 de la mañana á consecuencia de nubes amontonadas y su mínimo se verificó en el momento de la violenta tempestad que estalló sobre la capital y sus cercanías.

He aplicado este fotómetro á la medida de la variacion de luz producida por el eclipse de Sol del 22 de Diciembre de 1870; el eclipse se pintó en cierto modo sobre las fajas de papel fotométrico, segun la progresion exacta de sus fases y el estado de la Atmósfera. El dia solo tenia 4° de luz á las 8 de la mañana; 10° á las 9; 12° á las 10; 14° á las 11. Despues la luz disminuyó progresivamente hasta 8° y 5 décimos en medio del eclipse; volvió á subir á 11° á la 1 y media; á 13° á las 2; para volver á bajar en seguida á 9° á las 3 y á 3° á las 4 (1). Hice este experimento al aire libre cerca de las fortificaciones. (6.° sector del recinto fortificado).

Estos grados son los de una escala arbitraria que he aplicado á las tintas progresivas que corresponden á la intensidad de la luz. Suponiendo que 20° por ejemplo representen la tinta negra ó el máximo de intensidad y 0° la oscuridad completa ó el papel que permanece blanco, 1° á

(1) Véanse las *Comptes rendus de l'Academie de Sciences* del 26 de diciembre de 1870.

19° representarán convenientemente todos los grises intermedios.

Se aprecia directamente de este modo la influencia de la luz solar en la naturaleza terrestre, según los años, las estaciones, los días y las horas; influencia que debe entrar en el estudio de los fenómenos de la vida con el mismo derecho que las indicaciones del termómetro, del higrómetro y del barómetro. El observatorio de Montsouris anota desde su fundación las variaciones de luz por un procedimiento semejante.

El estudio que acabamos de hacer del trabajo de la luz en la atmósfera terrestre nos conduce á ocuparnos ahora de otro trabajo incomparablemente mas poderoso y mas activo, aunque menos visible; la acción del *calor* solar, es decir, la temperatura, las estaciones y los climas.

LIBRO TERCERO.
LA TEMPERATURA.

PARTE PRIMERA.

LAS ESTACIONES.

CAPITULO PRIMERO.

EL SOL Y SU ACCION SOBRE LA TIERRA.

El calor.—El termómetro.—Cantidad de calor recibida del Sol.—Su valor y su explotación.—Temperatura del Sol.—Temperatura del espacio.

En nuestro primer libro hemos contemplado á la Tierra arrastrada en las profundidades del espacio por la fuerza misteriosa de la gravitacion universal, caminando sobre una órbita distante 38 millones de leguas del astro solar que la sostiene y sacando de la luz permanente de esta hoguera central el mantenimiento constante de su belleza, de su alegría y de su vida. Hemos visto la Atmósfera unida alrededor del globo como una capa de gas adherida á su superficie, y que todos los seres pequeños ó grandes, soberbios ó humildes están construidos por el tipo de un mismo sistema orgánico, de un sistema respiratorio, cuya funcion es la condicion misma de su existencia en la superficie de nuestro planeta.

Hemos admirado despues en el segundo libro, la luz celeste, que atraviesa suavemente toda nuestra Atmósfera y que rodea el planeta de sus vistosos adornos. Hasta el presente hemos estudiado en cierto modo la forma exterior y los brillantes aspectos de la naturaleza; tiempo es ya de que descendamos al laboratorio y apreciemos las grandes fuerzas infatigablemente desplegadas en él. Vamos á ver cuál es la fuerza que produce las corrientes de la Atmósfera, los vientos, las brisas y las tempestades; cuál es la fuerza que hace circular la vida en la esfera habitada. Mientras que la atraccion conduce á la Tierra por el espacio y la inclina sobre su eje para ocasionar las regeneradoras estaciones, el calor despierta los organismos dormidos durante la noche del invierno, y hace cantar á las aves en los bosques; él es quien florece en las rosas y quien sonrie en las verdes praderas; él es quien murmura en el parlero manantial y suspira en la escarpada ribera de los mares; él es quien hace pasar los átomos de la planta al animal y del hombre á la planta, estableciendo sobre la tierra la inmensa fraternidad de todos los séres. Mejor inspirados que los antiguos profetas que declaraban que nadie puede saber de dónde viene el viento ni á dónde va, como nadie puede decir los fundamentos en que el globo reposa, vamos á ver nosotros en una sola fuerza el principio de los vientos y de las brisas, de las nubes y de las borrascas, de las lluvias y de las tempestades, y á juzgar en toda su grandeza el mecanismo de los movimientos que en la Tierra se verifican.

Veamos primero cómo se aprecia el calor y su distribucion en la superficie del globo.

Para medir las variaciones de temperatura se hace uso del *termómetro* (θερμός calor y μέτρον medida) lo mismo que se hace uso del barómetro como vimos antes, para medir las variaciones de la presión atmosférica. Sin detenernos ahora como no lo hemos hecho al tratar del aparato anterior, en el empleo del termómetro y en sus diversas especies, debemos remontarnos sin embargo á su invencion que data tambien de mediados del siglo XVII.

Los antiguos juzgaban de las temperaturas poco mas ó menos como lo hacemos hoy, es decir, por los efectos prin-

principales que producen: pero hoy la ciencia las mide con mas cuidado y de una manera mas uniforme, por medio de instrumentos especiales que permiten comparar los resultados obtenidos en un pais con los obtenidos en otros ó los de una época con los de otras.

Cuando los académicos de Florencia indicaron que todos los cuerpos cambian de volúmen por la influencia del calor, echaron los cimientos de la termometría. El instrumento de que se servian aquellos sabios consistia en una esfera hueca soldada á un tubo estrecho que contenia alcohol teñido. Si este aparato se trasporta desde un sitio á otro mas caliente el líquido se dilata, y el nivel se eleva é indica así el aumento de temperatura. Éste aparato data de 1660. Para que los termómetros fuesen comparables entre sí, es decir, para que en las mismas circunstancias pudieran dar las mismas indicaciones, los académicos de Florencia los hicieron todos conformes á un mismo modelo, al menos en cuanto esta igualdad era posible. Un físico de París, Cárlos Renaldi, fue el primero que propuso hácia 1694 el medio empleado aun en el dia para hacer termómetros comparables. Este medio consiste en colocar el instrumento sucesivamente en dos condiciones caloríficas invariables y fáciles de reproducir: las que corresponden á la funcion del hielo y á la ebullicion del agua. Entre estos límites de temperatura un mismo cuerpo se dilata siempre la misma fraccion de su volúmen. Se pone generalmente 0° en el punto en que el líquido del termómetro se detiene en el hielo fundente, y 100° en el punto en que queda estacionario en medio de agua hirviendo: marcados estos dos puntos en el vástago del instrumento se divide el intervalo en 100 partes iguales y las divisiones se prolongan por un lado y por otro (1).

(1) En general, y de una manera poco detallada, estas noticias relativas á la construccion de los termómetros pueden tomarse como ciertas; bueno será, sin embargo, para que no puedan adquirirse ideas erróneas en la materia, advertir en primer lugar que la dilatacion de todos los cuerpos no es uniforme entre 0° y 100° , sino que á las temperaturas próximas á aquella en que tienen lugar los cambios de estado, las dilataciones son muy irregulares; esta es la causa de que no se hagan termómetros de agua, y de que se empleen los de alcohol para temperatu-

Habiendo demostrado Newton claramente la fijeza del punto de ebullicion del agua, el medio empleado por Renaldi para hacer comparables los termómetros fue adoptado por todos los físicos. El termómetro centígrado es el mas cómodo y el mas usado (1).

Hace unos treinta años se dedicó Pouillet (del Instituto) á una série de esperimentos ingeniosos y delicados para determinar la cantidad de calor enviada á la Tierra por el Sol, y la temperatura del espacio, es decir, los dos elementos constitutivos de la temperatura que existe en la superficie del globo.

Los aparatos empleados para estas investigaciones han sido el *pireliómetro* y el actinómetro. Este último no sirvió sino para investigaciones relativas á la temperatura del zenit y no tenemos para qué ocuparnos aquí de él.

El *pireliómetro* se compone esencialmente de un vaso

ras muy bajas, y los de azogue para las altas, porque en otras condiciones, hallándose estos últimos líquidos á temperaturas próximas a las de su cambio de estado, no dan indicaciones convenientes. Tampoco es exacto que para marcar el punto de 100° se sumerja el termómetro en agua hirviendo, sino que se expone á los vapores de ésta, en el momento de formarse en una atmósfera libre. Además hay que hacer una correccion relativa á la presión atmosférica, de la que no me parece oportuno hablar en una obra de este género.

(N. del T.)

(1) Existen, sin embargo, otras dos escalas termométricas bastante usadas. La una de ellas que va ya desapareciendo, es la de Reaumur; tiene por puntos limites 0° en la temperatura de hielo fundente, y 80° en la del agua hirviendo; los grados de esta escala se reducen, por consiguiente, con facilidad á la escala centesimal multiplicándolos por la fracción impropia $\frac{10}{8}$ ó sea multiplicándolos por 10 y dividiendo el producto por 8. La segunda escala, importante de considerar, porque es la que se usa en casi todas las obras científicas inglesas, holandesas y norte-americanas, y en todos los cálculos de aquellos países, es la propuesta en 1774 por Fahrenheit, célebre físico alemán del siglo XVII (nació en Dantzick en 1690); el 0° corresponde á la temperatura producida por una mezcla en partes iguales de nieve y sal amoniaco machacada; á la temperatura del agua hirviendo marca 212° . La temperatura del hielo fundente corresponde á 32° , y por consiguiente para reducir los grados de la escala de Fahrenheit á los de la escala centesimal, hay que descontar 32, y la resia multiplicarla por $\frac{5}{9}$, ó sea multiplicarla por 5 dividiendo el producto por 9.

(N. del T.)

delgado de plata A (fig. 23) que tiene un decímetro de diámetro y que contiene 100 gramos de agua. La cara vuelta hácia el Sol se recubre de negro de humo. Un termómetro

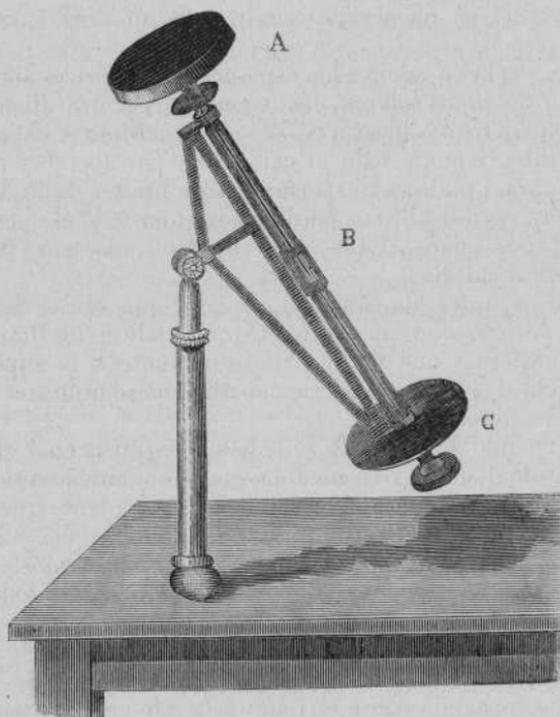


Fig. 25.—Pireliómetro.

se fija en el vaso, empotrándole en la montura de latón B. Hallándose el agua del vaso á la temperatura del ambiente, se la espone durante 5 minutos al Sol. Para demostrar que el vaso chato está bien perpendicular á los rayos solares, se ve si su sombra cae justamente sobre el disco inferior C

del mismo diámetro. Comparando la temperatura observada, con las que tenía antes y despues, se halló la cantidad de calor recibida del Sol en cada minuto por centímetro cuadrado. Esta elevacion de temperatura es $T=0,2624$ calorías (1).

Pouillet se ha servido tambien de un pireliómetro de lente.

Teniendo en cuenta los espesores atmosféricos atravesados por los rayos solares, ha encontrado el mismo físico que el pireliómetro se elevaría $6^{\circ},72$ si la Atmósfera pudiera transmitir íntegramente todo el calor solar sin absorber nada ó si el aparato pudiera trasportarse á los límites de la Atmósfera para recibir allí sin pérdida ninguna todo el calor que el Sol nos envía. Este calor multiplicado por $0,2624$ da $1,7633$ calorías.

Tal es, pues, la cantidad de calor que el Sol derrama en un minuto sobre un centímetro cuadrado en los límites de la Atmósfera y que transmitiría igualmente á la superficie del suelo si el aire atmosférico no absorbiese ninguno de los rayos incidentes.

Partiendo de este dato y de la ley segun la cual el calor transmitido disminuye á medida que la oblicuidad aumenta, se puede calcular la proporcion de calor incidente que llega á cada instante al hemisferio alumbrado del globo y la que se absorbe en la mitad correspondiente de la Atmósfera. El cálculo enseña que cuando la Atmósfera presenta todos los signos de una tranquilidad perfecta, absorbe todavía casi la mitad del calor que el Sol emite hácia nosotros, y solamente la otra mitad es la que llega al suelo, y se encuentra diversamente repartida sobre él, segun la mayor ó menor oblicuidad con que ha atravesado la envoltura aérea.

Puesto que el Sol, segun lo que acaba de verse, envía

(1) Se llama *caloría* la unidad adoptada en la evaluacion de las cantidades de calor, como se llama gramo la unidad adoptada en la evaluacion de los pesos. Una *caloría* es la cantidad de calor necesaria para elevar 1° la temperatura de 1 kilogramo de agua; ó la cantidad de calor desprendida por 1 kilogramo de agua cuya temperatura se rebaja 1° . Se llama *kilogrametro* la unidad adoptada en la evaluacion del trabajo de las fuerzas: es el trabajo necesario para elevar un peso de un kilogramo, á la altura de un metro.

en cada minuto sobre cada *metro* cuadrado del suelo en que cae perpendicularmente una cantidad de calor igual á 17 633 calorías, es fácil deducir la cantidad total de calor que el globo y su Atmósfera reciben juntos en un año; es la que recibiría una superficie plana cuya área fuese igual al círculo máximo de la Tierra: se obtienen de este modo 1 210 000 000 000 000 000 000, ó mil doscientos diez trillones de calorías.

Este calor, si fuera posible hacerlo, elevaría á 2 315° una capa de agua de 1 metro de espesor que rodease toda la Tierra.

Trasformando esta cantidad de calor en cantidad de hielo fundido, se llega al siguiente resultado:

Si la cantidad total de calor que la Tierra recibe del Sol en el curso de un año estuviera uniformemente repartida en todos los puntos del globo y se pudiera emplear sin pérdida ninguna en fundir hielo, podría fundir una capa de esta sustancia que rodease el globo entero. y que tuviera un espesor de 30^m, 89 ó cerca de 31 metros. Tal es la expresión mas sencilla de la cantidad de calor que la Tierra recibe cada año del Sol.

Esta aterradora cantidad de calórico es la que mueve los mecanismos de la vida terrestre, la que separa el carbono del oxígeno en los vegetales, la que hace crecer á los animales, la que coloca los témpanos en las cumbres de las montañas, la que desencadena las borrascas sobre los abismos del Océano, la que, en una palabra, mantiene la inmensa vida aérea de nuestro planeta.

El mismo dato fundamental nos permite hallar la cantidad total de calor que se escapa en un momento dado del globo entero del Sol.

Consideremos este astro como el centro de un recinto esférico cuyo radio sea igual á la distancia media de la Tierra á él; es evidente que sobre este estenso recinto cada metro cuadrado recibirá en un minuto, de parte del Sol, precisamente tanto calor como el metro cuadrado de la Tierra; es decir, 17 633 calorías; por consiguiente la cantidad total de calor que recibe es igual á toda su superficie multiplicada por 17033.

Se puede espresar esto mismo diciendo que el globo terráqueo en las 3 000 leguas de diámetro no intercepta en esta esfera de 38 millones de leguas de radio mas que $\frac{1}{2\ 300\ 000\ 000}$ de la irradiacion total, y que el calor emitido por el Sol es de 2 300 000 000 de veces mayor que el que la Tierra recibe.

Este calor total es tan grande, que cada centímetro cuadrado de la superficie del Sol emite en un minuto 84 888 unidades de calor.

Trasformado este calor en cantidad de hielo fundido, se llega al resultado siguiente:

Si la cantidad total de calor emitida por el Sol se empleara esclusivamente en fundir una capa de hielo que estuviera colocada sobre el mismo globo del Sol, y que le rodeara por todas partes, esta cantidad de calor seria bastante para fundir en un minuto una capa de 11^m,80 de espesor, y en un día una capa de 17 kilómetros. Esta misma cantidad de calor elevaria 1' en cada segundo 13 610 kilogramos de agua, ó haria hervir por hora 2 900 000 000 000 kilómetros cúbicos de agua que estuviera antes á la temperatura del hielo. Para oponer á la radiacion solar una resistencia frigorífica igual, seria necesario enviarle un chorro de agua helada de 18 leguas de diámetro con una velocidad continua de 77 000 leguas por segundo.

Cada metro cuadrado de la superficie de la Tierra recibe en un año 2 318 157 calorías, lo cual da mas de 23 millones de calorías por hectárea, es decir 9 852 200 000 000 de kilogrametros. La radiacion calorífica del Sol, ejerciéndose sobre una hectárea de terreno, desarrolla bajo mil diversas formas una potencia que equivale al trabajo continuo de 4 163 caballos de vapor. Sobre la Tierra entera este trabajo equivale á 510 000 trillones de kilogrametros, ó sea á 217 316 000 000 000 caballos de vapor.

Quinientos cuarenta y tres millones de máquinas de vapor de 400 caballos cada una, trabajando sin descanso día y noche, representarian la fuerza enviada á la Tierra solamente por la radiacion solar!...

Una parte de esta potencia se emplea en calentar la

corteza terrestre hasta cierta profundidad; pero como el suelo y la Atmósfera irradian en el espacio, y como el globo terrestre no pierde ni gana al parecer respecto á su temperatura media, al menos durante largos períodos de años, toda esta parte de la radiacion del Sol, se puede considerar como manteniendo el equilibrio de temperatura en el planeta.

Otra parte se transforma en movimientos moleculares en acciones y reacciones químicas, que son la fuente donde encuentra los medios de mantenerse y de perpetuarse constantemente la vida de los vegetales y de los animales. El calor que parece propio de estos seres, no es otra cosa que una emanacion del hogar comun. «Así es, dice Tyndall con este motivo, que somos, no en un sentido poético, sino en un sentido puramente mecánico, hijos del Sol.»

La vida terrestre está suspensa de los rayos del Sol. Del mismo modo que nuestro globo está sostenido en el abismo del espacio por la invisible mano de la atraccion solar, lo mismo la vida vegetal y animal, que florece en su superficie, no se mantiene mas que por la fuerza inconmensurable de la actividad del Sol. Las religiones antiguas, las primeras poesías de la humanidad saludaban ya en el radiante astro el gran motor de la creacion, y no hacian mas que adivinar bajo una forma bien pálida aun, la magnitud de la accion permanente del gran foco de nuestro sistema sobre los mundos habitados que gravitan bajo su fecunda irradiacion.

Si se calcula en valor productivo la potencia de los rayos solares, se puede demostrar que derraman *sobre cada metro cuadrado* una cantidad de calor suficiente para hacer hervir en menos de diez minutos un litro de agua á la temperatura ordinaria (esta cifra es la correspondiente á nuestros climas). El Sol, en un dia claro, despliega, durante 8 ó 9 horas, en París, un trabajo de cerca de un caballo de vapor por metro cuadrado. El calor solar emitido sobre una superficie de 100 pies cuadrados, corresponde en las latitudes tropicales á la combustion de mas de 10 000 kilogramos de carbon por hora.

La intensidad de un fenómeno calorífico que se traduce

por un consumo semejante de hulla escede los límites de lo comprensible. El ingeniero americano Ericson, que se ha ocupado de las máquinas de vapor solares, de que hablaremos dentro de poco, ha calculado que el efecto mecánico del calor solar, cayendo sobre las techumbres de Filadelfia, podría hacer marchar mas de cinco mil maquinas de vapor de fuerza de 25 caballos cada una. Arquímedes, al terminar un cálculo sobre la fuerza de la palanca, decia que con un punto de apoyo, él se encargaria de levantar el mundo. El citado ingeniero pretende «que la concentracion del calor radiado por el Sol produciria una fuerza capaz de detener á la Tierra en su camino!»

El calor es una *fuerza* con la misma razon que lo es el movimiento. El trabajo producido por la elevacion de temperatura de 1 kilogramo de agua á 1° mas, es exactamente el mismo que el que seria necesario para elevar á la altura de 1 metro 425 kilogramos. (1)

El calor solar es la fuente única de los trabajos naturales de que el hombre ha sabido sacar ventaja. Apenas se puede, en efecto, contar entre estos trabajos mas que aquellos que resultan del empleo del combustible de los motores animados, de las corrientes de agua y del viento; pues bien, este calor es el que dirige los vientos y las corrientes de agua; el Sol es el que hace girar los molinos, correr las locomotoras y navegar los globos en el aire.

Además, el combustible de la industria procede del mismo astro: si se trata de la leña, es el carbono absorbido por los vegetales mientras respiran en el aire bajo la influencia del astro luminoso; si se trata de la hulla, es tambien carbono fijado en otras épocas del mismo modo sobre los grandes árboles anti-diluvianos.

Sea cualquiera la forma en que se solicite el concurso de los agentes naturales, la industria humana procede exclusivamente del Sol; y aun está muy lejos de recoger la mayor parte del trabajo desarrollado en nuestro planeta por aquel inmenso hogar. Si, segun ha demostrado la es-

(1) Véase la nota de la pág. 299.

(N. del T.)

perencia desde hace mucho tiempo, el calor recibido en un término muy breve por una superficie de mediana estension que se somete á la accion solar es considerable; si además es fácil preservar esta superficie del enfriamiento y conservarla un esceso inmenso de temperatura sobre el medio que la rodea, es claro que puede ser objeto de estudios el almacenar directamente el trabajo del calor solar. Se comprende además toda la importancia de un descubrimiento semejante para aquellos paises en que este calor es grande y en que la Atmósfera está siempre pura. Porque precisamente en estos paises es donde faltan la energía de los motores animados, los cursos de agua y el combustible.

Los rayos del Sol, despues de haber atravesado el aire, un trozo de cristal ó un cuerpo transparente cualquiera, pierden la facultad de atravesar de nuevo aquel cuerpo para volver á los espacios celestes. Por un procedimiento fundado en esta ley fisica aceleran los jardineros en primavera la vegetacion de las plantas, cubriéndolas con una campana de vidrio que admite los rayos solares, y que no los deja escapar luego sino con mucha dificultad. Si el jardinero pone dos ó tres campanas, una sobre otra, infaliblemente abrasa la planta recubierta de este modo, y aun en los dias serenos de marzo y abril hay necesidad de levantar un poco los bordes de la campana para que la planta no se resienta del Sol de medio dia. Por medio de un aparato compuesto de una caja ennegrecida y de muchos cristales superpuestos, Sanssure ha podido hacer hervir el agua: y durante su permanencia en el Cabo de Buena-Esperanza, en los dias abrasadores de fin de diciembre, sir John Herschel ha podido guisar un buen trozo de vaca con zanahorias, en vino blanco, por medio de dos cajas ennegrecidas, colocadas una dentro de otra, y guarnecidas cada una con una sola cubierta de vidrio, sin mas origen de calor que los rayos solares, que penetraban sin salida posible en esta especie de ratonera. «Hubo lo suficiente, dice Mr. Babinet, para satisfacer á su numerosa familia y á los convidados á aquel guiso, preparado en un horno de una especie tan nueva.»

La caja de Herschel, cerrada solo por dos placas de vidrio, llegó sucesivamente á 80, 100 y 120° de calor.

Aunque este género de horno nos parezca tan nuevo, casi puede decirse que se ha tomado de los griegos. En efecto, cien años antes de nuestra era, Héron de Alejandría, describió en su *Pneumática* un gran número de ingeniosos aparatos, legados por los antiguos, y sin duda por los sabios sacerdotes de Egipto. Uno de estos aparatos, que, segun parece, fué construido por el mismo Héron, saca el agua de un depósito por el solo efecto de la condensacion y de la dilatacion del aire bajo la influencia del Sol, que se deja actuar de un modo intermitente sobre el aparato.

El sábio napolitano J. P. Porta espuso á fines del siglo XVI en su *Mágia natural* las aplicaciones mecánicas del calor solar. Si se coloca, dice, un globo de cobre en la cúspide de una torre, y de este vaso se hace bajar un tubo hasta un depósito de agua, calentando el globo superior por el fuego ó por el Sol, el aire enrarecido se escapa. Pronto se retira el Sol, el vaso de cobre se enfria y condensándose el aire, se aspira el agua.

Salomon de Caus, á principios del siglo XVII, dió la descripcion de la primera máquina elevatoria *que funcionaba*, con la ayuda del Sol; su *fuenta continua*. Imaginemos colocadas sobre una cisterna una série de cajas de cobre, cada una de las cuales contiene el tercio de su volúmen, de agua. Se coloca sobre esta série de cajas un tubo horizontal que, por medio de tubitos verticales, se pone en comunicacion con el agua de las cajas. El calor solar, dilatando el aire, le hace que ejerza una presion sobre el agua y obliga á esta á subir al tubo horizontal superior: se practica en este tubo una abertura y se puede tener así un caño de agua.

Cuando una parte del agua contenida en las cajas ha subido, y llegando la noche el aire se enfria y se encuentra enrarecido el agua de la cisterna que está en comunicacion con las cajas por un tubo vertical, una válvula y un tubo horizontal se eleva para llenar aquellas como lo estaban antes, «de modo que, dice Salomon de Caus, este movimiento continúa mientras haya agua en la cisterna, y

alternativas de sol y de oscuridad.» Esta fuente continua, destinada al ornato de los jardines, podria, mediante algunas mejoras, resolver económicamente el problema de la elevacion del agua. ¿Qué cosa, en efecto, mas natural que servirse, para elevar las aguas, del mismo agente que las hace elevarse en la naturaleza?

La concentracion del calor solar en un recinto cubierto de cristales es un hecho experimental tan fácil de demostrar, que su observacion ha debido seguir muy de cerca á la invencion de los vidrios. Sin embargo, á pesar de las diversas demostraciones que se han podido hacer con este objeto, y á pesar de las aplicaciones que acabamos de indicar, no se ha hecho, antes de Saussure, un estudio científico completo del fenómeno. Despues de Saussure y de Herschel, muchos físicos han continuado sus estudios. Este notable problema está hoy en su fase acaso mas interesante; en aquella que da por una parte resultados sérios y permite por otra adivinar para el porvenir otros mas considerables aun (1).

(1) Gracias á los perseverantes trabajos de M. A. Mouchot, profesor en el Liceo de Tours, poseemos ahora aparatos que nos permiten sustituir los celestes rayos del Sol al carbon vulgar para la coadura de los alimentos.

En un frasco bocal de vidrio se coloca un vaso de la misma forma de cobre ó de hierro batido, y se tapa todo con una campana de vidrio. Esta sencilla marmita solar colocada en el foco de un reflector cilindrico de plata, hace hervir en hora y media tres litros de agua, á la temperatura inicial de 15°.

El reflector es una hoja sencilla de plaqué de plata, cuya abertura tiene medio metro cuadrado.

Se obtienen fácilmente temperaturas de 100, 120, 150 y 200° centígrados.

Esta marmita solar, ha permitido á M. Mouchot, confeccionar al Sol, un excelente guisado compuesto de un kilógramo de carne de vaca y las correspondientes legumbres. Al cabo de 4 horas de insolacion, todo estaba perfectamente cocido no obstante el paso de algunas nubes por delante del Sol; y el caldo era tanto mejor cuanto que la calefaccion se habia hecho con la mayor regularidad.

Con una pequeña variación de forma se ha podido transformar esta marmita en un horno, y cocer en menos de tres horas un kilógramo de pan, que no presentaba diferencia alguna con el de los panaderos.

Transformándola en alambique se ha podido destilar alcohol, al Sol, al cabo de 40 minutos; el alcohol era muy aromático.

Se ve, pues, que el calor solar representa una fuerza mecánica considerable. ¿Cuál puede ser la temperatura continua de este foco de la vida planetaria?

Se han empleado muchos métodos para llegar á determinarla: colocando un termómetro en medio de un cilindro doble, lleno de agua caliente, cuya temperatura se conoce, y esponiéndole á los rayos del Sol, ha visto el P. Secchi que el calor que este astro comunica al cilindro es siempre de 12° al nivel del mar, cualquiera que sea la temperatura inicial. Admite que por cima de la Atmósfera, descontando la absorción atmosférica, la diferencia sería de 29°. En la cúspide del Monte Blanco ha demostrado M. Sorel una diferencia de 21°. Esto supuesto, como el disco solar tiene un

Se ha fundido estaño (233°), plomo (333°) y zinc (460°).

Se han hecho también otra porción de ensayos en los cuales sería superfluo el insistir. He aquí pues, el empleo del calor solar como fuerza mótriz que empieza á entrar en los dominios de la ciencia práctica. Y no hay que decir que en nuestros países en que con tanta frecuencia está nublado, no podría esto aplicarse en gran escala: en primer lugar podría agregarse al calor artificial cuando fuese posible, y en segundo hay un sinnúmero de regiones en la tierra donde no llueve jamás.

El autor propone que se dé á nuestros soldados en Argelia una pequeña batería de cocina que no exigiría combustible, en los arenales del Sahara ó en las nieves del Atlas. En Cochinchina, donde hay que hervir el agua para hacerla potable, no se necesitaría combustible para conseguirlo. Podrían tenerse caños de agua en las habitaciones alimentados por el calor solar; y hasta el mismo aparato para hacer el hielo, puede funcionar por medio del mismo agente. La conservación de los granos por una desecación lenta, la calefacción de los vinos al baño-maría, la fabricación de la cola, de las bujías, del negro animal, la destilación de esencias, la extracción de la sal que contienen las aguas marinas, la refinación del azufre etc., etc., son todos trabajos que podrían hacerse muy bien con el calor del Sol.

Saludamos en la locomotora al carbono que el Sol ha fijado en la hulla, pero no podemos menos de preguntarnos quién calentará las calderas despues de que se agoten, cosa bastante próxima (dentro de dos siglos) las minas de carbon. ¿Quién sabe? ¿será acaso el Sol directamente? Esta sería una aplicación industrial sin precedentes. Hé aquí otra que nos indica el sabio profesor de Tours.

El rendimiento de la máquina de vapor solar crece á medida que se asciende en la Atmósfera, puesto que el punto de ebullicion de los líquidos baja, el ardor relativo del Sol aumenta, y el enfriamiento del aire favorece la condensación de los vapores. ¿No será este el secreto de navegación aérea?.....

diámetro de $31' 3''$, 6, (1) la relacion entre su superficie y la de la esfera celeste es de 183 960. El P. Secchi multiplica, pues, esta cifra por 29°, y deduce que la temperatura emanada del Sol es de 5 333 000°, y luego, como la Atmósfera del Sol absorbe la mitad de los rayos que emanan del astro, duplica esta cifra, y concluye que la temperatura del Sol debe ser de cerca de 10 millones de grados.

Este resultado se ha discutido mucho desde que se publicó la primera edicion de esta obra en el seno de la Academia de Ciencias (2). Y como por una parte hay otros métodos, segun los cuales no se obtienen mas que 3 000° como cifra de esta temperatura, y por otra ni la imaginacion ni la abstraccion científica pueden concebir una idea de temperaturas de 10 000, 100 000, 1 000 000 y 10 000 000 de grados, parece que no debemos aceptar nada aun en este punto, afirmando solo la grandísima elevacion de este calor solar.

Este calor es el que sostiene y fecunda los planetas habitados; y para nuestro planeta en particular, el calor interior del globo parece que no tiene accion alguna sobre los fenómenos de la vida que se llevan á cabo en su superficie.

Una palabra tambien sobre este calor interior.

Mairan, Buffon, Bailly calculaban que en Francia, el calor que se escapa del interior de la Tierra era 29 veces en verano y 400 veces en invierno, mas que el que nos envia el Sol. De modo que, segun esto, el calor del astro que nos alumbrá solo formaría una pequeña parte del calor del globo. Esta idea ha sido desarrollada con gran elocuencia en las *Epocas de la naturaleza*; pero la ingeniosa novela á que sirve de base, se ha disipado como un fantasma ante la severidad de los cálculos matemáticos.

Habiendo descubierto Fourier que el esceso de la temperatura total de la superficie terrestre sobre la que resul-

(1) Segun los datos del Observatorio Astronómico de Madrid, el diámetro aparente máximo del Sol es de $32' 34''$, 6, y el mínimo de $31' 30''$, 1.
(N. del T.)

(2) Véanse las Actas del mes de enero de 1872.

taria de la acción esclusiva de los rayos solares, tiene una relación necesaria con el aumento de la temperatura á diversas profundidades, ha podido deducir del valor experimental de este aumento una determinación numérica del exceso en cuestión, es decir, del efecto termométrico que el calor central produce en la superficie. Pues bien, en vez de los grandes números dados por Mairan, Bailly y Buffon aquel hábil calculista ha encontrado solo un treintavo de grado!

La superficie del globo, que en el origen de las cosas estaba probablemente incandescente, se ha enfriado de tal modo con el trascurso de los siglos, que apenas conserva un indicio sensible de su temperatura primitiva. Sin embargo, se sabe que el calor crece á medida que se descende en su interior á razón de un grado por cada 35 metros próximamente, y que este calor es colosal en la base de los volcanes. El tiempo hará experimentar grandes modificaciones á estas temperaturas internas. En la superficie, (y solo los fenómenos de la superficie pueden alterar ó comprometer la existencia de los seres vivientes) todos los cambios que habian de verificarse se han verificado ya con la sola diferencia de un treintavo de grado. La horrorosa congelación del globo, que Buffon preveía para la época en que se hubiera disipado absolutamente el calor central es sencillamente un sueño. En el día ya no sirve de nada.

Veamos ahora ¿cuál es la *temperatura del espacio*?

Esta cuestión ha sido, —sobre todo desde principios del siglo actual, — el objeto de un número muy considerable de investigaciones que interesa resumir aquí en pocas palabras.

Bien sea que el espacio esté vacío en las regiones que se encuentran entre los astros ó —lo cual es mas probable— esté ocupado por un medio de naturaleza desconocida estremadamente tenue, que se ha convenido en llamar *éter*, —y tan ligero, que todo el que se encuentra entre nuestro sistema planetario no pesa un kilogramo! —lo que hay de cierto es que las estrellas, que son otros tantos soles, emiten rayos luminosos y caloríficos, y que el espacio no está absolutamente frío.

La misma Tierra atraviesa de siglo en siglo espacios cuya temperatura varía. Poisson llega al punto de suponer que el calor del globo puede provenir de esto.

El geómetra Fourier halló que la temperatura del espacio, en cuyo seno gravita actualmente nuestro sistema planetario era de 50 á 60° bajo 0. Habiéndose observado el termómetro en el fuerte Reliance á—57° deducia Arago (Instituto, 1836) que la temperatura del espacio era notablemente inferior á esta cifra y entre—60 y—70°.

Por esperimentos hechos con el actinómetro, Pouillet deducia que esta temperatura era de 140° bajo cero, y ¡extraña consecuencia! el mismo fisico decia que este calor equivalia á los $\frac{5}{6}$ del calor solar, y seria capaz de fundir al año en nuestro globo una capa de hielo de 26 metros!

Ha sido preciso esperar á la creacion modernísima de una de las ramas mas fecundas de la fisica moderna, la *teoría mecánica del calor* para tener en este asunto tan debatido una respuesta matemática. Gracias á los principios fijados por esta ciencia, sabemos por una parte que el descenso indefinido de la temperatura es una pura ficcion; y por otra parte, que existe un *cero absoluto*, en el cual ha desaparecido de los cuerpos todo el calor, y que cero para todos los cuerpos del universo, es 273° por debajo del hielo fundente.

Imaginemos por un momento que la Tierra no recibe mas calor ni de los rayos solares ni de ningun otro origen calorífico, y sigamos la série de fenómenos que resultarían.

Todas las moléculas del aire atmosférico radiarian su calor en todos sentidos y se enfriarian cada vez mas, porque sus pérdidas no serian reemplazadas; su densidad aumentaria, y caerian hácia la Tierra, mientras otras moléculas ascendian para enfriarse á su vez.

Después de algunos siglos, todo el calor del globo, tanto el central y primitivo como el calor superficial y sostenido por el Sol, se habria disipado en el espacio; pero esta disipacion seria mas ó menos pronta en los diversos países, se-

gun que la superficie del suelo fuese mas ó menos radiante, y que las capas inferiores tuvieran mejor ó peor conductibilidad.

Los innumerables astros luminosos que ocupan las diversas regiones del Cielo no están desprovistos de calor; los espacios celestes tienen, pues, una cierta temperatura que debe ser, segun acabamos de decir, 273° bajo cero, y nuestro globo, suspendido en medio de estos espacios con la Atmósfera por envolvente diatérmica dejaria de enfriarse cuando se hubiese puesto en equilibrio con esta temperatura.

Pero este «calor» seria un verdadero frio, incomparablemente mas crudo que todos los de los hielos del polo, y habria estinguido la vida real hasta sus mas hondas raices.

Ni la temperatura del espacio, ni la del globo tienen, pues, influencia sensible actualmente en la superficie de la Tierra, y solo el calor del Sol es el que organiza la circulacion de los vientos, de las aguas, de los elementos de la vida entera, como se verá mas claro aun en el capítulo siguiente.

CAPITULO II.

EL CALOR EN LA ATMÓSFERA.

La fábrica y su fuerza motriz.—El vapor de agua.—Papel de la atmósfera en la absorcion del calor.—Las atmósferas planetarias.—Disminucion de la temperatura segun la altura.

Importa conocer cuál es, de la inmensa radiacion calorífica que sin cesar emana del foco solar, la que hay en juego en la Atmósfera, y la que organiza su circulacion.

La meteorología no es mas que un gran problema de fisica: se trata de determinar las leyes que arreglan el modo con que se distribuyen en nuestra Atmósfera, el calor, la presion barométrica, el vapor de agua, la electricidad, y todo esto en relacion con los movimientos que el calor solar engendra en la capa superficial, sólida, líquida y gaseosa de nuestro globo. Este problema, por estenso que parezca, dice nuestro ilustre corresponsal del Observatorio de Roma, el Padre Secchi, no es en el fondo mas que una aplicacion de las leyes mas conocidas de la fisica. Las dificultades de su solucion proceden mas bien del gran número de causas perturbadoras, y de las reacciones incalculables de los efectos sobre las causas, que de un verdadero vacío en la teoría general. De aquí la necesidad de numerosos datos experimentales para llegar á la solucion.

La Atmósfera es realmente una inmensa máquina, á cuya accion está subordinado cuanto vive en nuestro planeta. Aun cuando en ella no haya ni ruedas, ni árboles, ni

engranajes, no por eso deja de hacer el trabajo de muchos millones de caballos; y este trabajo tiene por fin y por efecto la conservacion de la vida.

Todos los movimientos de la Atmósfera son la consecuencia de la propiedad que tienen los gases de dilatarse por el calor. Estas variaciones de volúmen y por consiguiente de densidad, turban á cada instante el equilibrio que trataria de establecerse en el aire atmosférico. El aire calentado en las zonas ecuatoriales se eleva á las regiones superiores para ir á bajar cerca de los polos; allí se enfria, vuelve al ecuador y empieza de nuevo su movimiento de circulacion. El trabajo que de este modo despliega la Atmósfera es inmenso. Nuestras escuadras surcan el mar en alas de los vientos; y el soplo jugueton de las brisas, y el tormentoso empuje de los huracanes, son efectos de la potencia solar almacenada en esta gigantesca fábrica gaseosa.

A esta propiedad del aire se agrega otra no menos importante; la de disolver el vapor de agua, que formándose en cantidades prodigiosas en las cercanías del ecuador, se distribuye despues sobre toda la tierra convertido en benéfica lluvia. De este modo se verifica un trabajo no menos poderoso ni menos grande: la distribucion de las aguas pluviales en la superficie del globo. Las aguas corrientes que hacen mover nuestras máquinas se han levantado antes á los aires por medio de esta máquina poderosa. Despues caen sobre las montañas en forma de lluvia y van corriendo por arroyos y rios al Océano de donde habian salido. Los que han visitado las gigantescas cataratas del Niágara guardan un recuerdo aterrador de ellas; y sin embargo no son mas que una fraccion insignificante de lo que pasa diariamente en la Atmósfera.

El Sol es el primer motor del cual dependen todos los movimientos del sistema planetario, no solo por la regularidad de las órbitas que describen los diferentes astros sino tambien por los fenómenos físicos y fisiológicos que se verifican en la superficie de estos. Sobre la Tierra, principalmente, los movimientos atmosféricos, el curso de las aguas, el desarrollo de la vegetacion, la produccion de fuerza que

resulta de las combustiones y de la nutrición de los animales, todos estos fenómenos se deben á la influencia de los rayos solares.

La fuerza del Sol es la que dilatando el aire en ciertas regiones, le eleva en grandes cantidades y produce así vacíos que otras masas gaseosas vienen á llenar rápidamente; de aquí las corrientes atmosféricas y la poderosa acción del viento que transporta nuestras embarcaciones por cima de los mares. La fuerza emanada del Sol es la que eleva las aguas bajo la forma de vapor y las deja caer despues en lluvias bienhechoras que fecundan nuestras campiñas. Al Sol debemos tambien los arroyos que apagan nuestra sed, los rios, cuyas aguas mueven nuestras máquinas: con el vapor que toma del Océano, alimenta las nieves que solidifican el agua en las cumbres de las elevadas montañas, para distribuirla en detalle y producir el movimiento, la fecundidad, la vida.

Lo que puede parecernos aun mejor organizado es el modo con que esta fuerza calorífica se encuentra almacenada por decirlo así en los vegetales, no solo en aquellos que, aun vivos, sirven para nuestros usos y nuestra alimentación al mismo tiempo que adornan y embellecen nuestra vivienda en este mundo, sino tambien en aquellos que sepultados desde hace muchos millones de años en las entrañas del globo, salen ahora para calentarnos y para producir la fuerza motriz necesaria en nuestras máquinas. Cada planta es una verdadera máquina en la cual se elaboran las sustancias eminentemente combustibles, que sirven para proporcionarnos en ausencia del Sol, el calor y la luz, ó para producir sirviéndonos de alimento, la fuerza y el calor vital que necesitamos. Del Sol es, pues, en último análisis, dice tambien el Padre Secchi, de quien dependen todos los fenómenos de la naturaleza y nuestra existencia misma.

Lo que primero llama la atención en la radiación solar, es la luz que nos ilumina y el calor que nos calienta; pero aparte de estos dos fenómenos hay otro tambien muy importante: las acciones químicas que acompañan á los otros dos. Es necesario, pues, distinguir tres géneros de accio-

nes en el trabajo solar : la de los rayos *luminosos* ; la de los rayos *caloríficos*, y la de los rayos *químicos*. Los primeros dan á la naturaleza la hermosura de una juventud eterna; los segundos dan al mundo su fuerza y su valor ; los terceros tejen la trama, renaciente siempre, de la vida planetaria.

Todos sabemos que para analizar un rayo de sol, se le hace pasar á través de un prisma triangular de vidrio, y

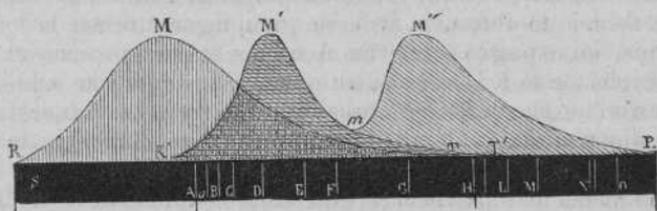


Fig. 24.—Intensidad relativa de los rayos solares caloríficos, luminosos y químicos.

que cuando sale de este se ha transformado en una cinta coloreada, según dijimos al hablar del arco-iris. Pero el espectro visible no es la única cosa que existe en el rayo del Sol. La cinta multicolora se continúa por un lado y por otro con otra cinta invisible. Las ondas cuya longitud está comprendida entre 768 y 369 millonésimas de milímetro son capaces de hacer vibrar nuestro nervio óptico; estas vibraciones están comprendidas entre 394 000 y 758 000 billones por segundo y producen la sensación de la luz: la diversidad de colores depende solo de la longitud de las ondas; las mayores se encuentran en el rojo y van disminuyendo hacia el violado. A la izquierda del extremo rojo del espectro están las ondas más lentas y más largas del calor; á la derecha del violado están las ondas más cortas y más rápidas de la acción química. Nuestra vista no percibe las primeras ni las segundas, pero se pueden reconocer emplean-

do preparaciones fotogénicas ó sustancias impresionables.

No existen, sin embargo, realmente en la naturaleza mas que una sola y misma série de ondas, cuya longitud va disminuyendo constantemente á partir de la estremidad del espectro calorífico oscuro, hasta la estremidad del espectro químico en su parte invisible; pero entre estos dos estremos solo hay una porcion muy limitada que goza de la propiedad de alterar nuestro nervio óptico.

La figura 24 manifiesta la estension y la intensidad relativa de estas diferentes acciones separadas una de otra como nos las presenta la accion dispersiva de los prismas. La zona que forma la base de esta figura indica la longitud del espectro solar. De A á H es la parte *luminosa*; la derecha de H á P es la parte química *invisible*; la izquierda de A á R es la parte calorífica tambien invisible. Las curvas trazadas encima indican las intensidades relativas de cada radiacion en las diferentes partes del espectro. La intensidad de la luz está representada por la curva R' M' T'; la de la accion química por *m* M' P, y la de las radiaciones caloríficas por R M T.

No vemos, pues, todo lo que pasa en la naturaleza: vemos solamente los rayos luminosos. Los rayos caloríficos y químicos obran, pero sin que los percibamos. Vivimos en medio de un inmenso mundo invisible.

El poder luminoso de los diferentes rayos consiste en la mayor ó menor aptitud que tienen de conmover el nervio óptico del hombre. Es probable que la facultad de percibir los fenómenos luminosos no tenga la misma escala para todos, y que sea mucho mas estensa para ciertos animales que para el hombre; ya se estienda por el lado rojo ó ya por el violado. El agua pura tiene un poder absorbente muy considerable para los rayos térmicos. Los humores que contiene el ojo difieren poco del agua pura, y esto es lo que hace el órgano de la vista insensible á los rayos caloríficos.

La estension de las ondas luminosas sensibles para el ojo humano corresponde ordinariamente á lo que se llama en acústica una octava, de modo que el hombre no se pone en comunicacion con la naturaleza sino por medio de una parte muy pequeña de las radiaciones solares. Y sin em-

bargo, ¡qué inmensa variedad de sensaciones y qué belleza de contrastes! Sin entrar en consideraciones estéticas es imposible que dejemos de hacer aquí una observación importante: se ha creído durante mucho tiempo que la radiación luminosa era el único modo que tenía el Sol de intervenir en el mundo, y sin embargo es muy secundaria y poco importante comparada con las otras radiaciones. ¿Qué son las impresiones producidas sobre la materia delicada de nuestra retina, si las comparamos con las modificaciones que el calor hace experimentar á todos los cuerpos, y con las acciones moleculares que producen los rayos químicos?

Los gases poseen la facultad de absorber los rayos *caloríficos*, y por consiguiente nuestra atmósfera absorbe una porción muy considerable de estos rayos. Las ondas más largas son las que pueden absorberse con más facilidad, y además un gran número de rayos menos refrangibles que caen sobre nuestra Atmósfera se detienen y no llegan á nosotros.

La absorción producida por los gases simples, oxígeno y nitrógeno es estremadamente débil; si se hace variar la presión desde 5 á 760 milímetros esta absorción varía poco más ó menos en la relación de 1:15. Pero no sucede lo mismo con los gases compuestos que se encuentran en la Atmósfera, como el ácido carbónico, el vapor de agua, el amoníaco y algunos otros. El profesor P. M. Garibaldi de Génova, ha probado por experimentos decisivos, que á una presión de 760 milímetros estos gases tienen poderes absorbentes representados por los números que siguen:

Aire atmosférico.	1
Acido carbónico.. . . .	92
Amoníaco.. . . .	546
Vapor de agua.	7937

Una cantidad de vapor de agua capaz de producir una presión de 9 á 10 milímetros, ejerce ya una absorción 100 veces mayor que la del aire atmosférico.

Una porción considerable de los rayos oscuros que emanan del Sol, es, pues, interceptada por el vapor de agua

contenido en el aire, que no la permite llegar á la superficie de la Tierra: esta absorcion es mas considerable para los rayos caloríficos que para los rayos luminosos, porque las ondas á medida que su longitud disminuye, adquieren la propiedad cada vez mas notable de atravesar los medios transparentes.

Se pueden separar los rayos luminosos de los rayos caloríficos para medir su valor respectivo. Para obtener este resultado se hace pasar un haz de rayos solares á través de una capa de sulfuro de carbono que contiene iodo en disolucion. Los rayos se hacen invisibles sin perder su poder calorífico, y si el vaso que contiene la disolucion tiene la forma de una lente convergente, se desarrolla en el foco invisible de esta lente una temperatura bastante elevada para determinar la inflamacion de los cuerpos combustibles (1). La relacion entre las radiaciones luminosas y las radiaciones oscuras es igual á $\frac{13}{320}$ para el platino incandescente. En cuanto al Sol, el calor que acompaña á la parte luminosa es tan solo $\frac{1}{9}$ del que se encuentra en la parte oscura.

La Atmósfera terrestre, aunque absorbe una porcion tan considerable de los rayos solares, no los estingue; los tiene en depósito para emplearlos mas tarde en provecho nuestro. Obra exactamente como un *invernadero*, dejando llegar los rayos caloríficos hasta la Tierra, y oponiéndose enseguida á que vayan á perderse en el espacio. Los rayos de ondas muy largas no son aptos para atravesar la Atmósfera, y esto produce una acumulacion de calor en las capas mas bajas. Además la radiacion nocturna se disminuye considerablemente por la presencia del aire atmosférico, y por esta causa se encuentra amortiguado y disminuido el enfriamiento del globo y de las plantas que mantiene. El vapor de agua obra con una gran eficacia, y una capa hú-

(1) El profesor Tyndall ha colocado una vez el ojo en el foco y su retina no ha sufrido ninguna influencia luminosa. Los rayos caloríficos eran sin embargo tan ardientes, que una hoja de metal se puso inmediatamente roja en el mismo sitio en que el ojo no habia experimentado impresion alguna.

meda que tenga solo algunos metros de espesor detiene por sí sola el enfriamiento nocturno tanto como la Atmósfera entera.

Pero el hecho que mas debe llamarnos la atencion es la absorcion de calórico que acompaña á la transformacion del agua en vapor. El agua se evapora en masas considerables, sobre todo en las regiones ecuatoriales, y de este modo absorbe una gran cantidad de calórico de vaporizacion que permanece latente. ¡Hace falta para evaporar un kilógramo de agua el mismo calor que para hacer subir un grado la temperatura de 537! El vapor de agua absorbe esta enorme proporcion de calor que restituye íntegramente cuando vuelve al estado liquido en forma de lluvia. Este calor está destinado á transportarse hasta las latitudes mas lejanas y establecer en la envoltente atmosférica que rodea el globo una igualdad de temperatura que la radiacion directa no podria absolutamente establecer por sí. La cantidad de calor que pasa asi del ecuador á los polos es inimaginable. Investiguémosla.

Numerosas y precisas observaciones han demostrado que en las regiones ecuatoriales se evapora anualmente una capa de agua que tiene por lo menos 5 metros de profundidad. Supongamos que en las mismas regiones caiga anualmente una capa de lluvia de 2 metros: aun queda una cantidad de agua representada por una capa de 3 metros, que debe pasar en estado de vapor á las regiones mas próximas á los polos. Se puede calcular en 70 millones de millas geográficas la superficie en que se produce la evaporacion; y partiendo de este dato, se vé que la capa de 3 metros representa un volúmen de 721 billones de metros cúbicos (721×10^{12}). ¡La cantidad de calor contenida en esta masa de vapor, bastaria para fundir montañas de hierro cuyo volúmen escociera de 11 mil millones de metros cúbicos!

Esta masa enorme de calor pasa, por decirlo asi, de *incógnito* del ecuador á los polos transportada por la accion del vapor, y este vapor transformándose en agua y en hielo, deja escapar todo el calor que habia absorbido contribuyendo asi á dulcificar el clima de aquellas desoladas regiones. Los rayos solares son como una agrupacion de po-

leas y de cuerdas, manejadas sin cesar por obreros invisibles, y ocupadas en elevar cubos de agua hasta la altura de las nubes. El comandante Maury hace notar que nunca se hubiera obtenido un resultado análogo con un gas propiamente dicho, porque para transportar por el *aire* solo la misma cantidad de calor hubiera sido preciso calentarlo hasta la temperatura de los hornos.

Así es como se distribuye el calor en la Atmósfera; así se preparan las nubes y las lluvias de que hablaremos bien pronto.

El espesor de las capas de aire atravesadas por los rayos solares influye notablemente en el calor y la luz recibidas. Como en lugar de descender verticalmente hácia la tierra los rayos caloríficos llegan oblicuamente, la pérdida es tanto mayor cuanto mas pronunciada es la inclinacion. Se ha sometido esta pérdida á diferentes cálculos: las dos fórmulas que parecen estar mas de acuerdo son las de Bouguer y de Laplace. Haciendo uso de estas fórmulas se llega á los resultados siguientes para el espesor de las capas de aire á diferentes alturas del Sol.

Altura sobre el horizonte.	Distancia al zenit.	Espesor de las capas de aire.
90°	0°	1,00
70	20	1,06
50	40	1,30
30	60	1,99
20	70	2,90
15	75	3,80
10	80	5,51
5	85	10,21
4	86	12,15
3	87	14,87
2	88	18,88
1	89	25,13
0	90	35,50

Se vé, pues, que si se representa por 1 el espesor de la Atmósfera atravesado por un rayo de Sol en el zenit, el espesor atravesado por los rayos de Sol en el horizonte es mas de 35 veces mayor.

El primer resultado de esta desigualdad es que la luz del Sol se debilita, tanto mas, cuanto mas oblicuo está el astro del día respecto de la vertical; en el zenit y en las alturas del cielo el Sol es deslumbrador, y ningun ojo humano podria resistir su resplandor. Al salir y al ponerse podemos sin deslumbrarnos dirigir la mirada á su disco enrojecido. Las estrellas no se ven hasta cierta altura, y no se ve salir y ponerse mas que á las de primera magnitud. Segun las investigaciones de Bouguer, si se representa por la cifra 10 000 la intensidad luminosa del Sol fuera de la Atmósfera, su intensidad en diferentes puntos sobre el horizonte está representada por las cifras siguientes:

En el zenit.	8123
A 50 grados.	7624
A 30 "	6613
A 20 "	5474
A 10 "	3149
A 5 "	1201
A 4 "	802
A 3 "	454
A 2 "	192
A 1 "	47
A 0 "	6

Es decir, que al salir y al ponerse el Sol este astro aparece 1 354 veces menos brillante que en el zenit, y 1 300

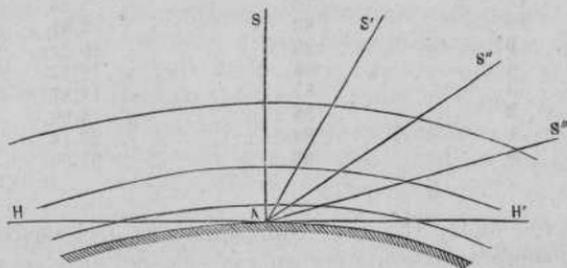


Fig. 25.—Desigualdad del espesor de las capas de aire atravesadas por el Sol, segun sus posiciones.

veces menos que á la altura que tiene al medio dia en nuestros climas en el solsticio de verano. Estas comparaciones suponen un cielo puro, y varían por consiguiente segun el estado mas ó menos brumoso de la Atmósfera.

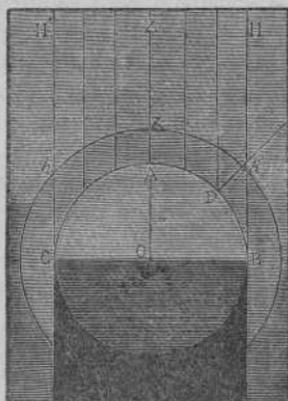


Fig. 26.—Absorción del calor solar por la Atmósfera.

El calor varía también como la luz segun la oblicuidad. Las observaciones más exactas prueban que la Atmósfera absorbe en la dirección de la vertical los $\frac{28}{100}$ del calor que cae sobre su superficie; y la absorción total del hemisferio alumbrado es próximamente igual á los $\frac{3}{5}$ del calor incidente; de suerte que á diferentes alturas la parte transmitida se representa como sigue:

Altura.	Cantidad transmitida.
En el zenit.	0,72
A 70 grados.	0,70
A 50 "	0,64
A 30 "	0,51
A 10 "	0,16
A 0 "	0,00

Se ve fácilmente por el corte de la figura 26 que la absorción es considerable para el horizonte H y H de los ob-

servadores B y C para los cuales el Sol sale y se pone, y débil para el zenit del punto A.

Hemos visto hace un momento que no es el aire mismo, es decir la mezcla formada de los gases oxígeno y nitrógeno, la que absorbe la mayoría del calor, sino el vapor de agua que en aquella existe, en proporciones seguramente muy variables.

Los rayos luminosos pasan casi por completo y penetran hasta el suelo; los caloríficos por el contrario son absorbidos en una gran proporción. La Atmósfera impide, pues, que una buena parte del calor solar llegue á la superficie del globo; pero por compensación goza de la facultad de retener la que ha servido para calentarla. Sin la Atmósfera y sin el vapor de agua que contiene, la radiación del suelo, verificándose casi sin obstáculo hácia el espacio interplanetario sería muy grande y la pérdida enorme, como sucede en realidad en las regiones muy elevadas. Tan pronto como el Sol se pusiera, un enfriamiento rápido sucedería al calor intenso producido por los rayos directos de aquel astro; en una palabra, habria entre los máximos y mínimos de temperatura, diurnos ó mensuales, diferencias enormes. Esto sucede en las mesetas elevadas del Thibet, y es lo que explica la crudeza de los inviernos y el rebajamiento de las líneas isotermas en estas regiones. Tyndall dice con mucha exactitud: «La supresion, durante una sola noche de verano del vapor de agua contenido en la Atmósfera que cubre la Inglaterra—y lo mismo sucederia en todos los paises de zonas semejantes—traeria consigo la destruccion de todas las plantas que el hielo haria perecer. En el Sahara, donde el *suelo es de fuego y el viento de llamas*, apenas puede soportarse á veces el frio de la noche. En este pais tan cálido, hiela por la noche en muchas ocasiones.»

La humedad no está repartida en igual proporción en toda la altura de la Atmósfera. Veremos en el Libro V que disminuye pasada cierta altura. El calor *atraviesa tanto mejor el aire, cuanto menos humedad tiene este*. Queda frio y deja pasar el calor.

Cuando se han pasado las regiones inferiores de la Atmósfera, y en general la altitud de 2 000 metros, no se

puede menos de sentir el aumento muy sensible del calor del Sol, relativamente á la temperatura del aire ambiente. Este hecho no me ha impresionado nunca tanto como en una ascension aeronáutica, el 10 de Junio de 1867. A las siete de la mañana nos encontrábamos á una altura de 3 300 metros, y tuvimos durante media hora 15° de diferencia entre la temperatura de nuestros pies y la de nuestras cabezas, ó por mejor decir, entre la temperatura del interior de la barquilla (sombra) y la del exterior (sol). El termómetro á la sombra marcaba 8°; el termómetro al Sol 23°. Mientras que nuestros pies sufrían éste frio relativo, un Sol ardiente nos abrasaba el cuello, las mejillas, y en general las partes del cuerpo directamente espuestas á la radiacion solar.

El efecto de este calor se aumenta todavía por la falta de la mas ligera corriente de aire.

En una ascension posterior á esta, ví al mismo tiempo la diferencia singular de 20° entre la temperatura de la sombra y la del Sol, á 4 150 metros de altitud. El primer termómetro marcaba 9°, 5 bajo cero; el segundo 10°, 5 sobre cero. Sin embargo, el hecho me impresionó menos que el primero porque ya habia aprendido á estudiarle.

Esta diferencia entre la relacion de la temperatura del aire y la de un cuerpo espuesto al Sol, se indica y se manifiesta en razon de la disminucion de la humedad. La radiacion solar, la diferencia entre el calor directamente recibido del astro luminoso, y la temperatura del aire, *aumenta* á medida que *disminuye* la cantidad de vapor de agua esparcida por la Atmósfera. Esta demostracion permanente de la transparencia del aire privado de agua para el calor, hace ver que el vapor es el que representa el principal papel en la accion de conservar el calor solar en la superficie del suelo.

Estos resultados observados en globo deben estar mas exentos de influencias estrañas que los que proceden de observaciones hechas en las cumbres, porque en este último caso la presencia de las nieves y de la radiacion, debe tener un efecto constante; mientras que las observaciones aeronáuticas se verifican en regiones absolutamente libres.

La influencia de la altitud en la intensidad de la acción calorífica del Sol en puntos cuyas proyecciones sobre el suelo están poco distantes entre sí, se ha estudiado recientemente con mucha atención por M. Desains, y un colaborador, por una parte en Lucerna en el Schweizerhoff, y por otra en la posada de Righi-Culm, á cerca de 1 450 metros por cima del lago. Estos experimentos han demostrado que á la misma hora, y en las mismas circunstancias, la radiación solar era mas intensa en la cumbre del Righi que en Lucerna, pero que se trasmitia en el primer punto con mas dificultad al través del agua y del alumbre. Hé aquí los números.

El lunes 13 de Setiembre de 1869 á las 7 y 45 minutos de la mañana, con un tiempo hermoso, la acción de los rayos solares en la cumbre del Righi imprimia una desviación de $27^{\circ},2$ á la aguja del aparato: en Lucerna en el mismo instante otro aparato indicaba una desviación de 22° y medio. Espresando estos resultados en centésimas se viene á deducir que en aquel dia los rayos solares al atravesar bajo un ángulo de 70° próximamente con la normal, la capa de aire comprendida entre el nivel del Righi-Culm y el de Lucerna, sufrían en el camino una pérdida de 17 por 100.

Por estas consideraciones se vé que las temperaturas terrestres no dependen solamente de la cantidad de calor recibida del Sol, sino tambien y sobre todo, de la diferencia de los *poderes absorbentes* del aire sobre los rayos de orígenes luminosos ú oscuros. Lo mismo sucede en los otros planetas y tal es la influencia de las Atmósferas que á pesar de su proximidad al Sol, Mercurio puede tener una temperatura mas baja que la Tierra, si la capa de gas que le rodea está dispuesta para que así suceda, y Júpiter puede ofrecer en su superficie climas mas cálidos que los nuestros, no obstante su gran distancia al Sol.

El análisis espectral de la luz, que lee en el rayo descompuesto de una llama los elementos que la constituyen, escritos con indelebres caracteres, ha podido recientemente determinar la naturaleza de las Atmósferas planetarias. Examinando al espectróscopo el rayo que emite una ho-

guera colocada á algunas leguas de distancia, se ha demostrado que el aire atravesado por este rayo absorbe en parte la luz, é interpone un velo, ó por mejor decir un tejido de líneas diversamente dispuestas, unas de las cuales se deben al oxígeno, otras al nitrógeno, otras al vapor de agua, otras en fin al ácido carbónico, al amoniaco, al iodo. Este ingenioso procedimiento permite demostrar la cantidad de vapor de agua que existe en los sitios en que se hacen los experimentos. Del mismo modo examinando los rayos que proceden de otros planetas, como Vénus, Marte, y Júpiter se observa que los rayos solares que nos reflejan se modifican por un tejido de líneas que dependen de sus Atmósferas atravesadas por estos rayos. Así se ha comprobado la existencia, indicada ya, de Atmósferas en la superficie de los planetas y se ha encontrado además que hay vapor de agua en los tres que acabo de mencionar. Estos resultados se deben principalmente á los ingeniosos trabajos de mi compañero Janssen. En Júpiter y en Saturno se ha advertido también la indicación ilegible de un elemento gaseoso que no existe en nuestra Atmósfera.

El vapor de agua diseminado en el aire representa el principal papel bajo el punto de vista de la distribución de la temperatura. En la Atmósfera tranquila que envuelve la esfera terrestre hay una acción lenta y silenciosa pero continua que se verifica invisiblemente ante nuestros ciegos ojos y que es tan formidable, que ningún cálculo humano podría representarla. Ante el trabajo permanente de esta potencia, el oxígeno y el nitrógeno no son nada, y los millones de toneladas de ácido carbónico que se producen por consecuencia de la vida vegetal y animal desaparecen como ligeras sombras.

El vapor ligero y transparente que se eleva de la superficie límpida del lago, la niebla que flota sobre los mares, el rocío de la mañana recogido en las flores, las blancas ó anaranjadas nubes del cielo, la lluvia ó la nieve, el torrente de la montaña, el parlero manantial del fondo del bosque, el arroyo que murmura y el gigantesco río que atraviesa una nación; desde la templada fuente mineral, hasta el helero suspendido en la frente de los Alpes, desde la gota

de agua, que aspira la golondrina al pasar rozando sobre el riachuelo, hasta la negra y terrible nube cargada de relámpagos, todo este conjunto, todo este vasto sistema representa el trabajo de una fábrica fantástica, de cuyos trabajos no nos darian mas que una débil idea los del pandemonium de Vulcano en los abismos del Tártaro. Representémonos la Francia surcada de innumerables rios, que hacen marchar millones de molinos, cubierta de una espesa red de ferro-carriles, recorrida por millares de locomotoras que circulan de dia y de noche; todo el ruido, todo el movimiento, todo el trabajo desarrollado por estos molinos y por estas máquinas infatigables, serian un juego de niños al lado del trabajo desplegado por la naturaleza en el sistema de circulacion de las aguas.

Hemos apreciado mas arriba el trabajo verificado por la simple evaporacion del agua del mar bajo la accion de los rayos solares: hemos demostrado que la masa de agua evaporada se eleva á 721 billones de metros cúbicos (721 000 000 000 000). La cantidad enorme de calor que produce este efecto podria fundir por año 11 mil millones de metros cúbicos de hielo, es decir, una masa cuyo volúmen seria muchas veces mayor que el del macizo de los Alpes.

Hé aquí el trabajo gigantesco que se verifica por la fuerza del calor solar; pero el trabajo infinitesimal que se produce por la misma fuerza no es menos maravilloso.

Un movimiento perpétuo se verifica sin descanso en toda la naturaleza, movimiento desapercibido y en el cual apenas se piensa; y sin embargo este movimiento es tan considerable, que si nuestros sentidos nos permitiesen percibirle nos aterrariamos. A cada momento vienen mil movimientos á herir nuestro cuerpo.

¿Estamos en el campo, en medio de las praderas ó en la vertiente de una colina cubierta de bosques? El aire, que se mueve siempre en estado de viento ó de brisa insensible, forma un movimiento general que nos baña en sus estensos efluvios. El calor solar ó sencillamente la temperatura ambiente eleva á nuestro rededor capas de distintas densidades, que se sustituyen segun las leyes del calórico.

La luz hace cruzar por delante de nosotros, á través de nuestros ojos, por detrás, por cima de nuestras cabezas en todos sentidos, millones de rayos que obran sobre el éter invisible por medio de vibraciones tan rápidas que cada segundo comprende millones de millones, y esto sin cesar jamás. Los colores de los objetos que nos rodean, de las plantas, de los ríos, del cielo, de las aguas entretajan sus rápidas é innumerables fluctuaciones. Los ruidos lejanos ó próximos desarrollan en el aire ondas sonoras sucesivas, que describen mil curvas invisibles á modo de círculos que se entrelazan, pero sin confundirse. El pájaro que canta, la bellota que cae de la secular encina, el leñador que corta, la serrana que lava en la fuente son otros tantos centros de vibraciones ondulatorias. El calor propio de nuestro mismo cuerpo forma en nosotros un centro de radiación, y constantemente se escapan de nosotros cantidades definidas de calor, que indicaría inmediatamente el termómetro. En nuestro organismo, por otra parte, el movimiento del corazón no se detiene un segundo, la circulación de la sangre en nuestras arterias y su vuelta al corazón por las venas no cesa jamás, y al mismo tiempo el juego alternativo de nuestra respiración hace que los pulmones distribuyan á nuestro cuerpo la cantidad de oxígeno que le hace falta.

¿Estamos en nuestra habitación tranquilamente recostados en una butaca, con los pies en los morillos de la chimenea y un libro en las manos? Los mismos movimientos que acabamos de recordar se verifican en nosotros y alrededor nuestro. No podemos estender un pie hácia el fuego sin que se cree inmediatamente un sistema de movimientos invisibles entre el pie y el centellante leño. No se puede tocar con el dedo el teclado del piano sin que vuelen por la habitación una série de ondas sonoras, que muchas veces llegan también á las habitaciones próximas. No se puede hablar aunque sea en voz baja sin que atraviesen el aire vibraciones esféricas. Vivimos, pues, sin pensarlo en medio de millones de millones de movimientos que constantemente se verifican y se renuevan en la Atmósfera, en el seno de la cual respiramos, vivimos y nos movemos.

Si la naturaleza, dice A. de Humboldt, hubiera dado á nuestros ojos el poder del microscopio y una transparencia perfecta á los tegumentos de las plantas, el reino vegetal estaria á su vez muy lejos de presentarnos el aspecto de inmovilidad que hoy tenemos por uno de sus atributos. En el interior, el tejido celular de sus órganos está constantemente recorrido y vivificado por las mas diversas corrientes. Tales son las corrientes de rotacion que suben y bajan, ramificándose y cambiando continuamente de direccion. Tal es el hormigueo molecular, descubierto por el gran botánico Roberto Brown, del que debe presentar indicios toda la materia siempre que se halle reducida al estado de division estrema. Añádanse á estas corrientes y á esta agitacion molecular, los fenómenos de la endosmosis, de la nutricion y del crecimiento de los vegetales y las corrientes formadas por los gases interiores y se tendrá una idea de las fuerzas que obran, casi sin que lo sepamos, en la vida al parecer tan apacible de las plantas.

De esta manera trabaja constantemente el calor solar absorbido por el aire atmosférico bajo el cual respira nuestro planeta.

Despues de apreciado el trabajo del calor solar á través de la Atmósfera y en la superficie del globo, debemos ahora completar esta primera rápida ojeada haciendo notar que la potencia de este calor disminuye á medida que se asciende hácia las alturas de la envoltente atmosférica, porque no le detiene ya ni le utiliza esta Atmósfera cada vez mas enrarecida. Ya hemos visto (páginas 51 y 52 y fig. 6) que el aire disminuye á medida que se asciende en su seno. La temperatura decrece en una proporcion análoga, que vamos á medir con toda la exactitud que sea posible hacerlo, como lo hicimos ya para la disminucion de la presion barométrica. Despues de las indicaciones del barómetro, veamos las del termómetro.

Cuando se sube en globo hácia un cielo nebuloso, la temperatura baja ordinariamente hasta que se llega á las nubes; cuando se ha pasado de ellas se observa siempre una elevacion de algunos grados; despues la temperatura va bajando otra vez. Cuando se sube con un cielo sereno,

la temperatura inicial es, á igualdad de las demás circunstancias, mas alta que en el caso anterior, y la diferencia poco mas ó menos el aumento que se observaba al pasar de las nubes. La disminucion de temperatura no es nunca absolutamente regular. Casi siempre se encuentran en la Atmósfera capas de aire caliente, y á veces se encuentran cuatro ó cinco sucesivamente hasta grandes alturas. Estas alternativas y la variabilidad del Cielo, no impiden que se manifieste un hecho general: el de la disminucion de temperatura á medida que se asciende.

Hé aquí el resultado de la série de observaciones que he hecho sobre este objeto en mis 600 leguas de viajes aeronáuticos.

«La disminucion de temperatura del aire, que representa un papel tan principal en la formacion de las nubes y en los elementos de la meteorologia, está muy lejos de seguir un camino regular y constante. Varía segun las horas, las estaciones, el estado del Cielo, el origen de los vientos, el estado del *vapor de agua*, etc. Solo por un grandísimo número de observaciones podrá llegarse á deducir una regla bien definida, teniendo necesidad de conocer y eliminar de antemano la accion de muchas causas secundarias que obran sin cesar.

»Resulta de 550 observaciones aerostáticas hechas en medio de estas condiciones tan desemejantes y sin embargo menos malas que las condiciones de las observaciones hechas en las montañas, que la disminucion de la temperatura del aire es distinta, segun que el Cielo esté cubierto ó despejado: es mas rápida en este último caso y mas lenta en el primero.

»En un cielo despejado, la disminucion de la temperatura se ha visto que era de 4° para los 500 primeros metros á partir de la superficie del suelo; de 7° para los 1 000 metros; de 10°,5 para los 1 500; de 13° para 2 000; de 15° para 2 500; de 17° para 3 000; de 19° para 4 500. Término medio 1° por 189 metros.

»En un cielo nebuloso, la disminucion de la temperatura se encontró que era de 3° para los 500 primeros metros; de 6° para 1 000 metros; de 9° para 1 500; de 11°,5

para 2 000; de 16° para 3 000; de 18° para 3 500. Término medio 1° para 194 metros.

»La temperatura de las nubes es superior á la del aire situado encima y debajo.

»La disminucion es mas rápida en las regiones próximas á la superficie del suelo, y se hace mas lenta á medida que se asciende.

»La disminucion es mas rápida por la tarde que por la mañana, y durante los dias calorosos mayor que durante los dias frios.

»Algunas veces se encuentran en la Atmósfera regiones mas calientes ó mas frias que el término medio correspondiente á la altitud, y que atraviesan la Atmósfera como rios aéreos. Estas variaciones no impiden que la ley enunciada antes era la expresion de la verdad.

»La diferencia entre las indicaciones del termómetro de la sombra y del termómetro del Sol aumenta á medida que se asciende en las alturas de la Atmósfera (1).»

El resultado de estas ascensiones aéreas, es, pues, que la temperatura baja 1° por cada 190 metros próximamente de elevacion, unas veces algo mas y otras veces algo menos.

El resultado de las célebres y numerosas observaciones aerostáticas de Glaisher difiere muy poco de este.

Las ascensiones en las montañas han suministrado tambien cierto número de datos importantes, entre los cuales es oportuno considerar los siguientes :

A. de Humboldt ha hallado que la disminucion en la América del Sur era de 1° por 191 metros en las montañas y por 243 metros en los páramos. Una série de observaciones en la India meridional da 177 metros; en el Norte del Indostan por el contrario 226 metros, número que se aproxima al encontrado por Humboldt en América para los páramos. Por todas partes se llega á diferencias de nivel parecidas: 247 metros en la Siberia occidental, número que se convierte en 243 si la comparacion, comprende los luga-

(1) Extracto de mis comunicaciones al Instituto. Año 1868.

res elevados de la India septentrional. En los Estados-Unidos se encuentran 222 metros por 1° (1).

La configuración de los países parece ser el elemento más importante. Si el terreno se eleva suavemente ó si el país se compone de escalones sucesivos, la disminución de la temperatura es mucho más lenta que en las laderas de las montañas escarpadas. En el primer caso puede admitirse por cada grado una diferencia de nivel de 235 metros, y en el segundo solo de 195.

En Italia (vertiente meridional de los Alpes) ha encontrado Schouw una disminución de 1° por 168 metros.

En el monte Ventoux, montaña escarpada y aislada de

(1) Mientras que en el ecuador la ley de disminución es próximamente la misma en todas las estaciones, las regiones polares ofrecen por el contrario las mayores diferencias entre el verano y el invierno. Después de una serie de observaciones hechas de media en media hora durante cuatro días, los individuos de la comisión del Norte encontraron en el Spitzberg (latitud 77° 30') en el mes de agosto de 1838, una disminución media de 1° por 172 metros. Este resultado calculado por Bravais, coincide con las disminuciones observadas en las zonas templadas. La diferencia de altura de las estaciones era de 560 metros.

En invierno la temperatura va creciendo con la altura hasta cierto límite variable, según diversas circunstancias atmosféricas, cuya influencia no se conoce todavía exactamente. La hora del día parece que es indiferente, puesto que no existe variación termométrica diurna en las capas de la superficie. El término medio de 36 experimentos hechos con cometas ó globos cautivos en Bosekop (latitud 69° 58' N.), ha dado aumento medio de 1° 6 para los 100 primeros metros. Pasado este límite y aun más allá de los 60 á 80 primeros metros, la temperatura vuelve á ser descendente, pero al principio muy poco á poco: después se acelera. Las observaciones que se han hecho en las faldas y en las cumbres de las montañas durante la misma expedición, confirman enteramente estos resultados. La influencia refrigerante de un suelo que irradia su propio calor durante muchas semanas sin recibir por parte del Sol nada que compense sus pérdidas, la influencia de las contracorrientes superiores que vienen del O. y del S. O. con una temperatura elevada, dan la explicación de esta anomalía, que representa en invierno el estado normal de las partes más boreales del continente europeo.

Entre las observaciones hechas para determinar la disminución, añade Mr. Ch. Martins, las recogidas en los viajes aerostáticos, ofrecen un interés especial: las temperaturas sufren menos la influencia de las circunstancias locales, como la calefacción del suelo, las corrientes ascendentes ó descendentes, etc., y la serie que presentan tales temperaturas es más fácil que esté de acuerdo con la serie de temperaturas decrecientes de las regiones superiores de la Atmósfera.

la Provenza (latitud N. $44^{\circ} 10'$, longitud $2^{\circ} 56'$ y altura 1 911 metros sobre el Mediterráneo), ha encontrado Ch. Martins por medio de 19 observaciones hechas en distintas circunstancias, una disminucion de 1° por 188 metros en invierno y por 129 metros en verano, ó 144 metros por término medio. Las observaciones de Ramond comprendidas entre 43 y 44° de latitud, dan por término medio 1° por 148 metros.

La conclusion de todos estos resultados, es que en todos los sitios á una altura suficientemente grande de la Atmósfera, hay como se ve una temperatura superior siempre á la del hielo fundente.

Si se conciben en cada punto de la tierra verticales bastante altas para que se obtenga con ellas la altura á que habria la temperatura media de 0° , y si se hace pasar una superficie por los extremos de todas estas coordenadas verticales, se tendrá la superficie isoterma de 0° ; su interseccion con el globo será la línea isoterma correspondiente; podrán obtenerse por la misma consideracion geométrica las superficies isotermas de 5° , 10° , etc. Estas superficies se alejan del centro de la Tierra hácia el Ecuador y se aproximan hácia los polos.

Hemos visto que la temperatura media de París, es de $10^{\circ},7$. Para que este valor se reduzca á 0 por la altitud, es necesario elevarse por término medio 1 600 metros. A esta altura, pues, es á la que hay en París la temperatura del hielo. Pero evidentemente aquel es un tipo alrededor del cual oscila sin cesar la temperatura y que no se obtiene mas que en abril y en octubre. En verano hay que elevarse á grandísimas alturas á veces á mas de 4 000 metros para llegar al cero termométrico. En invierno como sabemos todos, se encuentra con frecuencia al mismo nivel del suelo. En las capas atmosféricas que tocan al suelo, hay curiosísimas inversiones de temperatura.

He procurado representar en la figura 27 la disminucion media de la temperatura con la altitud por el mismo método empleado en la figura 6 (pág. 51) para apreciar la disminucion de la presión atmosférica. La temperatura decreciente está representada por una tinta cada vez mas

clara proporcionalmente. A partir de la superficie del suelo, la disminucion es de 4° para 500 metros; de 7° para 1 000 metros, etc.; si hay por ejemplo 18° (temperatura de verano)

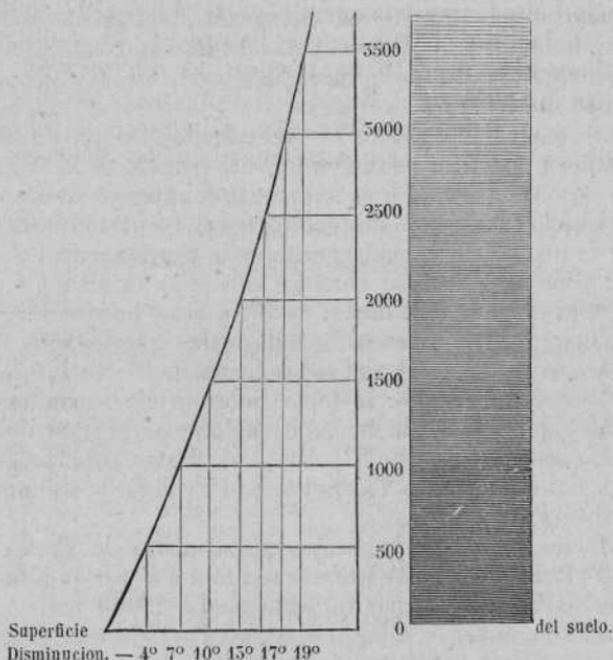


Fig. 27.—Diagrama de la disminucion de la temperatura con la altitud.

en la superficie á 500 metros habrá 14° ; á 1 000 metros 11° , y el cero corresponderá á 3 250 metros. A la temperatura media del año hay 11° en la superficie del suelo y el cero está á 1 670 metros. Por bajo de la superficie del suelo el aumento de temperatura es de 1° por cada 35 metros próximamente; mas rápido, como se ve, que la disminucion atmosférica, puesto que á la profundidad de 250 metros se tiene ya un aumento de calor de 7° , 14° á 500 metros, y 28° á 1 kilómetro.

Podemos añadir ahora que esta disminucion varía con la estacion y con la hora del día. Las observaciones practicadas por Saussure durante 17 dias seguidos en el Collado del Gigante á 3 428 metros sobre el mar, mientras que se hacian otras simultáneamente en Ginebra (407 metros) y en Chamounix (1 044 metros) han puesto de manifiesto la influencia horaria. Hé aquí segun las observaciones hechas por Kaemtz en el Righi (1 810 metros), mientras se observaba en Basilea, en Berna, en Ginebra y en Zurich, lo que es preciso elevarse para tener la disminucion de 1°.

DIFERENCIA DE NIVEL CORRESPONDIENTE A LA DISMINUCION
DE 1 GRADO TERMOMÉTRICO A TODAS LAS HORAS DEL DÍA.

Horas.	Righi.	Horas.	Righi.
Medio dia	129 ^m , 81	Media noche.	163 ^m ,
1	131, 75	1	168, 40
2	128, 83	2	174, 63
3	127, 08	3	180, 68
4	124, 35	4	185, 16
5	121, 81	5	186, 33
6	122, 01	6	178, 92
7	127, 86	7	168, 01
8	135, 65	8	153, 19
9	144, 42	9	144, 42
10	132, 02	10	139, 36
11	158, 46	11	121, 93
Término medio: 149 ^m , 10			

Esta ley de variacion de la altura á que es preciso elevarse para tener una disminucion de 1° del termómetro á las diferentes horas del día, está representada en la figura 28.

Las irregularidades de la curva indican que el número de observaciones no es suficiente.

De Saussure ha observado durante la noche: Kaemtz, que estaba solo, no podia leer el termómetro mas que desde las 5 de la mañana hasta las 10 de la noche, y las leyes del decrecimiento nocturno están deducidas de las del día. Este cuadro pone claramente de manifiesto el periodo diurno. Hacia las 5 de la tarde es cuando mas rápidamente dismi-

nuye la temperatura y hácia la salida del Sol cuando disminuye con mas lentitud. La diferencia correspondiente á estos dos instantes deducida de las observaciones, es casi

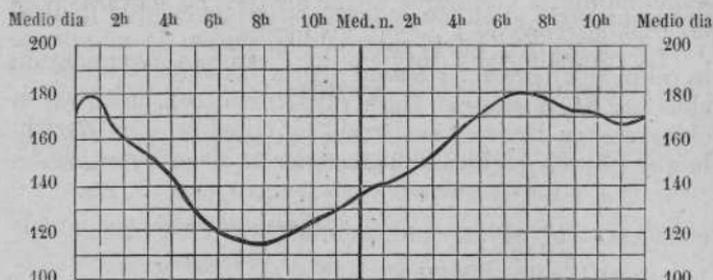


Fig. 28.—Altura á que es preciso elevarse para hallar una disminución de 1° según las horas.

igual á la tercera parte de la altura media á que hay necesidad de elevarse para obtener el descenso de 1°.

El período anual no está menos marcado en nuestros

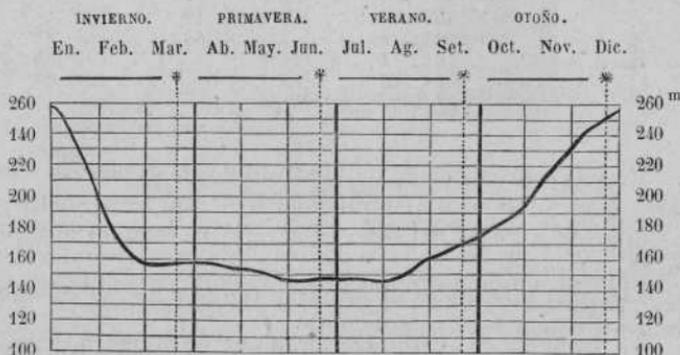


Fig. 29.—Altura á que es preciso elevarse para hallar una disminución de 1° según las estaciones.

climas; las observaciones meteorológicas simultáneas hechas en Ginebra y en el Monte San Bernardo, permiten calcular

sus leyes. Kaemtz ha escogido 30 puntos situados al Sur y al Norte de los Alpes entre 45 y 50° de latitud y los meridianos de Viena y París, y ha deducido las leyes de la distribución del calor en esta superficie. De este modo ha obtenido la altura en metros á que era preciso elevarse para tener el descenso de 1° segun los meses.

La siguiente tabla contiene los resultados obtenidos en estos diferentes puntos de comparacion.

DIFERENCIA DE NIVEL CORRESPONDIENTE A LA DISMINUCION DE 1 GRADO TERMOMÉTRICO EN LOS DIVERSOS MESES DEL AÑO.

Meses.	Alemania meridional
	Italia septentrional.
Enero.	257 ^m ,27
Febrero.	193,54
Marzo.	159,63
Abril.	160,60
Mayo.	137,87
Junio.	148,32
Julio.	148,71
Agosto.	145,98
Setiembre.	161,96
Octubre.	177,75
Noviembre.	195,49
Diciembre.	233,49

Término medio del año. 172^m,68

La ley de la diferencia de nivel que corresponde al descenso de 1°, segun los diferentes meses del año, está representada en la figura 29. Es la curva de la Alemania meridional y de la Italia septentrional. Sus irregularidades indican tambien que las observaciones no son bastante numerosas.

En resúmen se ve que en verano el termómetro, á medida que se asciende en la Atmósfera, baja mucho mas rápidamente que en invierno.

Resulta de esta disminucion desigual de la temperatura, que la diferencia entre los términos medios del invierno y del verano es tanto menor, cuanto mas se asciende en las

montañas. En las llanuras de Suiza, á la altura de unos 400 metros próximamente es de 19° . En San Godardo á 2 091 metros es $14^{\circ},9$ y en el Monte San Bernardo á 2 493 metros de $13^{\circ},5$. De Saussure que fue el que primero hizo esta importante observacion, creía que las diferencias entre las estaciones deben desaparecer á la altura de 12 000 á 13 000 metros.

CAPITULO III.

LAS ESTACIONES.

Mecanismo astronómico de las estaciones en los diferentes planetas.—Estaciones meteorológicas terrestres.—Su influencia sobre la vida de las plantas, de los animales y del hombre;—sobre las defunciones, los nacimientos y los matrimonios.

La acción general del Sol, en la superficie de la Tierra, varía, como todo el mundo sabe, de una semana á otra, de un día á otro. La causa de estas variaciones se ha determinado por la ciencia, como también la intensidad de la acción general. Estaciones y climas se esplican geométricamente por la inclinación variable del suelo relativamente á los rayos solares. Y por la misma comparación geométrica conocemos también el valor de las estaciones en los demás planetas de nuestro sistema.

Para esplicarnos con exactitud las variaciones de temperatura según las estaciones sucesivas del año, es necesario que conozcamos antes el mecanismo astronómico al que se deben las estaciones.

Hemos visto que el globo terráqueo circula en un año alrededor del Sol y gira sobre su eje en un día. Supongamos primero que el eje de rotación sea *perpendicular al plano* en que se mueve el planeta, que es el caso en que se encuentra próximamente Júpiter, cuyo ecuador no tiene más que una inclinación de 3°. Durante todo el trascurso del año, el día es igual á la noche; el Sol queda siempre en el plano del ecuador, y su elevación es la misma para cada

punto del globo en todos los días del año. En esta posición del eje no hay estaciones y la temperatura disminuye len-

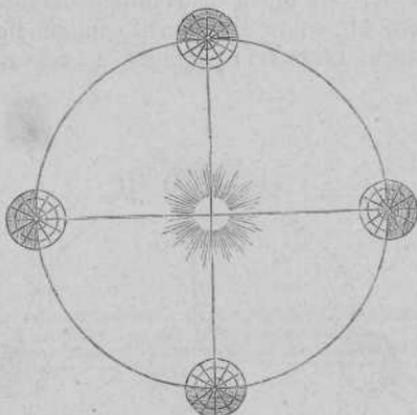


Fig. 50.—Planeta cuyo eje es perpendicular al plano de su órbita.

tamente desde el ecuador hasta los polos. Por decirlo así, no hay mas que una zona templada en todo el planeta.

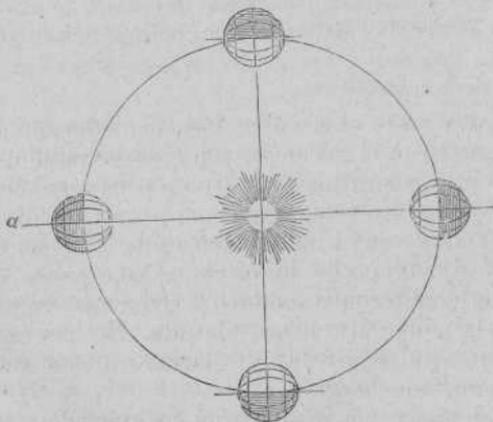


Fig. 51.—Planeta cuyo eje está en el mismo plano de su órbita.

Supongamos, por el contrario, que el eje esté comprendido en el mismo plano en que se mueve el planeta. En el solsticio, el Sol está en la estremidad del eje y sus rayos caen directamente sobre el polo: el ecuador tiene el mínimo de temperatura. La cuarta parte de un año despues el Sol

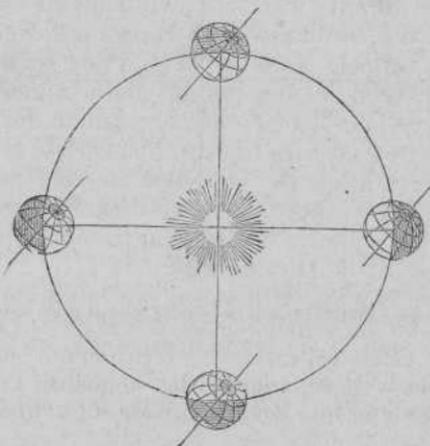


Fig. 52.—Planeta cuyo eje es inclinado respecto del plano de su órbita.

se encuentra sobre el ecuador. Pasado medio año, el otro polo es el que tiene el Sol en su zenit: luego pasa otra vez por el ecuador, y por último, vuelve al polo por donde habíamos empezado. En esta situación, muy parecida á la del planeta Venus, cuya inclinacion es de 75° , las estaciones producen el máximo de su efecto. Cada punto del globo está sometido alternativamente al frio mas riguroso y al ardor de la temperatura mas elevada. No hay zonas templadas, sino zonas tórridas y glaciales que se suceden sin interrupcion unas á otras.

Supongamos, por último, que en lugar de estar en una ó en otra de estas posiciones extremas, el eje de rotacion

esté en una situacion intermedia inclinada, por ejemplo, á 67° . Este es el caso del planeta en que habitamos. (1) Su eje de rotacion forma con la elíptica el ángulo que acabo de escribir, es decir, que nuestro ecuador forma con la elíptica un ángulo de 23° . Esta *oblicuidad* de la elíptica es la que produce nuestras estaciones.

Permaneciendo paralelo á sí mismo el eje de rotacion de la Tierra durante todo su movimiento de traslacion alrededor del Sol, es claro que en las dos posiciones extremas de la órbita, el polo Norte y el polo Sur se presentan alternativamente al Sol bajo un ángulo máximo de 23° . Esta es la época de los solsticios. En el solsticio del polo Norte, es decir, de verano para nuestro hemisferio, el 21 de Junio el Sol se eleva hasta 23° por cima del horizonte de este polo. Lo contrario sucede en el solsticio de verano del polo Sur, que es el solsticio de invierno para nuestro planeta y se verifica el 21 de Diciembre.

El 20 de Marzo, en la época del equinoccio de primavera, el plano del ecuador pasa por el Sol. Los dos polos del planeta están colocados simétricamente con relacion á él, y el círculo de separacion del hemisferio alumbrado y del hemisferio oscuro es precisamente un meridiano. Resulta de esto que cada punto del globo, arrastrado por el movimiento diurno de la Tierra, describe la mitad de su revolucion en la luz y la otra mitad en la oscuridad; y la duracion del dia es en todas partes igual á la de la noche.

Pero á medida que la Tierra adelanta en su órbita, como el eje conserva la misma posicion, el polo Norte se presenta cada vez mas á los rayos solares, y el círculo de rotacion diurno de una latitud boreal está espuesto á la luz durante mas tiempo que en la sombra. La duracion del dia es mayor que la de la noche, y al mismo tiempo, como hay mayor esposicion al Sol, es mayor tambien la cantidad de calor recibida.

(1) Las estaciones varían para cada planeta segun la inclinacion del eje de rotacion, y permanecen constantemente las mismas para cada uno de ellos. Véase nuestra obra *La pluralidad de mundos habitados*, 17.^a edicion, 1872, pág. 172.

Tal es el sencillo mecanismo de las estaciones. Examinemos lo que sucede con la distribucion de la temperatura.

El 21 de Marzo, el horizonte de París, por ejemplo, ó de otra cualquier localidad de nuestro hemisferio, se calienta durante doce horas consecutivas; pero al mismo tiempo esta superficie se enfria por radiacion hácia el espacio durante las 12 horas de dia y las 12 de noche que siguen á aquellas: es decir, en 24 horas. No es posible decir *á priori* si pierde mas calor que gana; pero examinemos lo que sucede el 22 de Marzo.

Este dia los rayos solares calentarán el horizonte durante algo mas de las 12 horas. En cuanto al enfriamiento por radiacion, se verificará como la víspera durante 24 horas. Lo que prueba indudablemente que en esta época la accion de los rayos solares para calentar nuestro hemisferio, aunque no se ejerce mas que durante 12 horas es superior á la radiacion que le enfria, y que el horizonte ha ganado mas calor del que ha perdido, es que, haciendo abstraccion de las circunstancias accidentales, la temperatura del 22 de Marzo es generalmente mas alta que la del 21.

Llegaríamos al mismo resultado, comparando la temperatura del 23 á la del 22 y así sucesivamente.

Los rayos caloríficos del Sol producen efectos cada vez mas considerables hasta el 21 de Junio, porque ejercen su accion durante períodos cada vez mas largos, en atencion á que la duracion de los dias aumenta constantemente hasta la época del solsticio. Sin embargo, esta causa, aunque preponderante, no es la única que determina el efecto en cuestion.

Consideremos la inclinacion con que los rayos solares caen sobre los objetos de que se compone el horizonte de París, á medio dia, por ejemplo. Esta inclinacion contada á partir de la superficie va aumentando hasta el 21 de Junio; los rayos absorbidos, que son los únicos que pueden contribuir á la calefaccion de los objetos terrestres, van, pues, aumentando de dia en dia hácia el solsticio.

Debe indicarse al tratar de esto, añade Arago, otra tercera causa de calefaccion, causa que influye tambien mu-

chísimo. El Sol puede considerarse como el centro de una esfera, de la cual partieran rayos en todas las direcciones imaginables. Ahora bien: si á cierta distancia del centro de esta esfera, se supone un horizonte de determinada estension, espuesto á la accion de estos rayos divergentes, este horizonte recibirá un número de ellos, tanto mas considerable, quanto mas próximo esté á la direccion perpendicular. ¿Quién no vé, efectivamente, que en todos los medios dias, comprendidos entre el 21 de Marzo y el 21 de Junio, un horizonte cualquiera de nuestros climas se presenta á los rayos solares en una posicion cada vez mas próxima á la perpendicular?

En resúmen, pues, desde el 21 de Marzo hasta el 21 de Junio, el horizonte de París recibe cada vez mas rayos solares: estos rayos llegan con mas intensidad, y con inclinaciones cada vez mas favorables para la absorcion; por último, su accion en cada dia dura mas tiempo.

El aumento de temperatura no se detiene el 21 de Junio. En efecto, como los dias siguen siendo mas largos que las noches, nuestro hemisferio continúa recibiendo mas calor durante el dia del que pierde durante la noche; pero como los rayos solares van siendo cada vez mas oblicuos, van disminuyendo tambien de intensidad. Hacia el 15 de Julio se llega á la igualdad entre la ganancia y la pérdida. Este es el máximo de la temperatura anual.

Desde esta época hasta el 21 de Diciembre, los dias se van haciendo cada vez mas cortos; la accion calorifica del Sol va disminuyendo sin cesar; los rayos llegan cada vez mas débiles, porque atraviesan capas atmosféricas mas gruesas y menos diáfanas; la inclinacion de la luz al medio dia y á las horas próximas á este momento es cada vez mayor con relacion á este horizonte ó á cualquiera otro situado en el hemisferio Norte y contada á partir de la superficie, y por consiguiente, está menos dispuesta para la absorcion; este horizonte recibe una cantidad de rayos solares que disminuye sin cesar, y de todas estas razones reunidas resulta que la temperatura del horizonte de París y de cualquiera otro horizonte situado en el hemisferio Norte, debe ir disminuyendo siempre; pero no es evidente por sí mismo

que el 21 de Diciembre, día del solsticio de invierno, haya compensacion entre la radiacion hácia el espacio y las causas de calefaccion que han ido disminuyendo constantemente.

La observacion demuestra, en efecto, que en París la verdadera compensacion no se verifica hasta despues del 2 de Enero: haciendo abstraccion de las causas accidentales, la primera semana de invierno es la mas fria del año. A partir de esta fecha, y hasta el 15 de Julio siguiente, la temperatura aumenta siempre, como ya lo hemos indicado, tomando como punto de partida el 21 de Marzo.

Toda esta série de razonamientos puede aplicarse al horizonte de un lugar situado en el hemisferio Sur, como París está situado en el hemisferio Norte. Solamente veriamos, y este resultado está conforme con las observaciones, que los meses mas cálidos en el hemisferio Norte, serian los mas frios en el hemisferio Sur, y recíprocamente.

Voltaire se mofaba de nuestro globo, porque se presenta al Sol *de soslayo y torpemente*. Mr. Babinet hace observar que el ridículo que arroja sobre nuestro pobre planeta es mucho mas injusto de lo que á él le parecia, porque esa posicion torpe que critica es precisamente la que lleva anualmente la vida á los dos polos opuestos. En otra posicion del globo la vida terrestre no seria lo que es.

No hay nada mas útil, que echar una ojeada general sobre las operaciones de la naturaleza, elevarse por cima de las mezquinas ideas de aquellos que no han perdido de vista el campanario de su aldea, y tender la vista por su país y hasta por toda la parte del mundo en que vive. La Europa, soberbia con su poblacion de 250 millones de almas, con su poder intelectual y guerrero, ocupa la zona templada y por los dos cabos extremos de España y Grecia no llega al paralelo 36°, dejando aun toda el Africa septentrional y todo el Egipto entre ella y la zona tórrida. La tendencia natural que nos induce á considerar como lo esclusivamente importante aquello que nos rodea, nos hace ver algo de extraño en los calores intolerables de Diciembre y de Enero, que sufren los habitantes del otro hemisferio en el cabo de Buena-Esperanza, en la Australia ó en Chile.

Los frios de Julio y Agosto en los mismos países no nos parecen menos estraños. Y, sin embargo, puesto que las estaciones en la Tierra ofrecen ya estas circunstancias estraordinarias, ¿cuántas otras no encontraríamos, si en vez de trasportarnos de nuestro polo europeo, asiático y americano, al polo opuesto, nos transportásemos desde la region ardiente en que se mueve el planeta Mercurio, bajo el fuego de un sol siete veces mas caloroso que lo es para la Tierra, á donde Neptuno ocupa provisionalmente el último lugar, recibiendo rayos novecientas veces mas frios que los que en Europa producen esas grandes divisiones del año; la primavera, el verano, el otoño y el invierno, cuyas producciones son tan importantes para el hombre, y que nada tienen parecido en las latitudes intertropicales?

Las estaciones astronómicas se cuentan á partir de los equinoccios y de los solsticios. La primavera empieza el 20 de Marzo, el verano el 21 de Junio, el otoño el 22 de Setiembre, y el invierno el 21 de Diciembre. Estas son, en cada año, con un dia de diferencia, las épocas astronómicas del principio de las estaciones.

Evidentemente estas épocas no deberian aplicarse á las *estaciones meteorológicas* que en definitiva son, para nuestras impresiones y nuestras apreciaciones directas, las verdaderas estaciones. Estas deberian establecerse por una parte y por otra á igual distancia del máximo y del mínimo medio de la temperatura.

La clasificacion mas sencilla, y que se adapta al mismo tiempo á la marcha media de la temperatura es la que emplean hoy la mayoría de los meteorologistas. El año se divide en cuatro períodos de tres meses completos. El invierno se compone de los meses de Diciembre, Enero y Febrero; la primavera de los meses de Marzo, Abril y Mayo; el verano, de Junio, Julio y Agosto; el otoño, de Setiembre, Octubre y Noviembre.

En el hemisferio austral las estaciones son inversas de las nuestras. En nuestro solsticio de invierno en 21 de Diciembre, el Sol alcanza allí su mayor altura; es su solsticio de verano. En nuestro solsticio de verano en 21 de Junio, el Sol alcanza para ellos la altura mínima sobre su hori-

zonte; entonces tienen sus días mas cortos y su invierno. Cuando en nuestro hemisferio es otoño, en nuestros antípodas es primavera y vice-versa. Se comprende fácilmente esta inversion, considerando la inclinacion constante del eje de rotacion terrestre y la revolucion anual del globo alrededor del Sol.

A la sucesion armónica de las estaciones es á lo que debe la Tierra su perpétuo adorno, y su vida impercedera. Cada primavera lleva consigo una resurreccion en la superficie del planeta que se rejuvenece y adquiere una adolescencia sin fin, bajo las fecundas caricias de que le rodea el radiante Sol.

«Estaciones, hijas queridas de Júpiter y de Themis» exclamaba hace tres mil años el primer poeta, Orfeo, «vosotras, que nos colmais de beneficios, estaciones alegres, floridas, puras y deliciosas; estaciones de matizados colores, que esparcís vuestro suave aliento; estaciones siempre variables, acoged nuestros piadosos sacrificios, y traednos el concurso de los favorables vientos, que hacen madurar las cosechas.»

Hemos determinado, pues, las causas que originan las variaciones de temperatura, segun el curso del año. Despues de haber bosquejado su mecanismo astronómico, vamos á entrar en detalles y á apreciar las cifras exactas de los movimientos termométricos.

Figurémonos la Tierra verificando en un año su revolucion alrededor del Sol, y volviendo á su primitiva posicion, despues de haber presentado sucesivamente sus dos polos á los rayos del astro de la luz y del calor. Si partimos de la primavera, vemos que las nieves que han recubierto una gran parte de los continentes septentrionales desaparecen para dar lugar á una activa vegetacion; los árboles se cubren de follaje, y las plantas que el invierno habia secado, renacen de sus semillas para rivalizar en verdura con los vegetales permanentes. Las flores, las semillas, las yemas aseguran la reproduccion, y las especies sociales, tanto plantas como árboles, invaden el suelo por el solo beneficio de la fuerza de asociacion. Así vemos esos inmensos bosques de pinos, de encinas y de hayas, y esas

llanuras sin límites cubiertas esclusivamente de cardos, de trébol y de jarales. Una de las consecuencias mas curiosas de la marcha bien observada de las estaciones es que las ricas cosechas que alimentan en Europa la cuarta parte del género humano son, en cuanto á su causa, debidas al invierno, tanto como á la primavera que desarrolla los vegetales, y al verano que los madura. En efecto, si el trigo no tuviera necesidad de perecer en el invierno, si no fuese, segun la espresion de los botánicos, una planta anual, no daria sus espigas y no produciria las útiles cosechas que desde Céres y Triptolemo han venido asegurando el alimento de las numerosas poblaciones de Europa, y hasta han dado origen á estas poblaciones. Para convencerse de esta verdad, no hay mas que bajar mas hácia el Mediodia y llegar al Africa, al Asia ó á la América. Cuando se llega á un clima en que el invierno no mata necesariamente los cereales, la planta se hace vivaz, como la yerba entre nosotros; se propaga por renuevos, queda siempre verde, y no da ni espigas ni granos. Allí son otros vegetales como el mijo, el maiz, el holco y diversas raices, las que dan las féculas alimenticias.

Al fin de la primavera y al principio del verano, el Sol, que ha avanzado hácia el Norte, hace pulular en nuestro hemisferio y hasta cerca del polo todas las especies animales, como hace nacer y desarrollarse las especies vegetales. Cuadrúpedos, aves, peces, anfibios, insectos, moluscos, animales microscópicos, pueblan las tierras y los mares septentrionales, ya porque nazcan en ellos, ya porque inmigren.

Si seguimos al Sol en su marcha retrógrada hácia el Sur, vemos que el calor de la estacion baja con la altura del Sol á medio dia, que los dias de 12 horas vuelven á aparecer, que despues viene el otoño con sus dias de 8 horas y sus noches de 16; y, por último, el invierno, cuyos dias tienen la misma duracion que los del otoño, pero que siguiendo á una estacion fria, es por este motivo mas frio aun que el otoño, lo mismo que el verano, cuyos dias son parecidos á los de primavera, es mucho mas cálido que esta, porque los rayos caen en una tierra caldeada ya.

Apenas han llegado los días á su mayor duracion, cuando disminuyen rápidamente; apenas ha brillado la juventud, cuando se anuncia el otoño de la vida. Pero apenas han acortado los días, cuando tambien vuelven á crecer; no podemos esperar otro tanto en la Tierra para los días de nuestro invierno, porque nuestro destino es apagarnos en el hielo del sepulcro.

En los capítulos siguientes estudiaremos la marcha particular de cada estacion, y su aspecto característico, desde el invierno de las silenciosas nieves hasta el alegre y espléndido verano. Completemos aquí nuestro bosquejo de la marcha general de las estaciones: consideremos su influencia sobre la vida humana demostrada por las estadísticas, que en nuestros días no respetan nada.

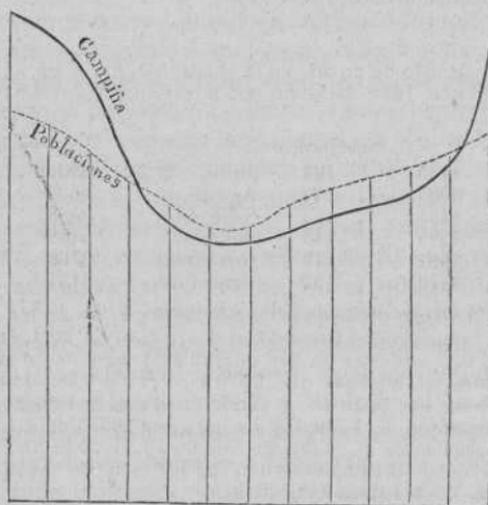
Si examinamos primeramente la mortalidad en cada país, vemos que experimenta variaciones muy sensibles, segun los diferentes meses del año. Se han hecho ya numerosas investigaciones sobre este asunto, y se ha reconocido que en nuestros climas los rigores del invierno son mortales en general para la especie humana.

La vida de las plantas y de los animales están íntimamente unidas con la marcha de las estaciones, como podremos apreciarlo bajo una forma especial en el capítulo siguiente. La vida humana, aunque mas individual y mas independiente en apariencia, no deja por eso de sufrir las leyes elementales de la naturaleza terrestre que ha formado nuestros cuerpos.

Analizando la proporcion de las defunciones, segun las edades, en Bélgica, ha demostrado M. Quetelet que los niños son mas sensibles á las variaciones de la temperatura. Durante el primer año, la mayor mortalidad de los niños se verifica en verano, en Agosto, la menor en Abril y en Noviembre.

Despues del primer año, la mortalidad de los niños cambia completamente: el máximo se presenta despues del invierno y el mínimo en verano. Hacia la edad de 8 á 12 años, estos términos varían un poco y avanzan en el orden de los meses hasta la época de la pubertad; de modo que el máximo de las defunciones se observa en Mayo y el mí-

nimo en Octubre. Después de la pubertad, el máximo retrocede hasta la edad de 25 años y viene á colocarse invariablemente en el mes de *Febrero* hasta las edades mas avanzadas. En cuanto al mínimo, se verifica siempre en verano.



En. Feb. Mar. Ab. May. Jun. Jul. Ag. Set. Oct. Nov. Dic. En.

Fig. 55.—Influencia de las estaciones en las defunciones.

En ninguna época de la vida es mas sensible la influencia de las estaciones sobre la mortalidad que en la primera infancia y en la vejez, y en ninguna edad lo es menos que de 20 á 25 años, cuando el hombre físico, enteramente desarrollado, goza de la plenitud de sus fuerzas.

En la fig. 33, la curva llena está trazada, según los números generales de la mortalidad en Bélgica y en Francia, á escepcion de las ciudades de Bruselas, París y Lyon. La curva de puntos está trazada, según los números relativos á estas ciudades. Se vé que además de

la regla general que coloca el máximo de la mortalidad en Febrero y el mínimo en Junio, la influencia de las estaciones es mas marcada en los campos que en las ciudades, donde hay mas medios de preservarse de la desigualdad de la temperatura.

La altura de la curva depende del número de muertes correspondiente á cada mes. (1)

(1) Como ejemplo de un año en la ciudad de Paris, hé aquí las defunciones del año 1869 divididas por meses (poblacion 1 825 274 habitantes):

Promedio diario.		Promedio diario.	
Enero. . .	4153 . . . 134	Julio. . . .	3435 . . . 111
Febrero. . .	3905 . . . 139	Agosto. . . .	3630 . . . 117
Marzo. . . .	4483 . . . 145	Setiembre. . .	3463 . . . 115
Abril. . . .	4289 . . . 143	Octubre. . . .	3458 . . . 112
Mayo. . . .	3691 . . . 119	Noviembre. . .	3766 . . . 126
Junio. . . .	3443 . . . 155	Diciembre. . .	4154 . . . 134

Máximo, marzo; mínimo, julio y octubre; Total, 45 872 (a).

En 1870, la mortalidad aumentó en dos tercios. En 1871, fue mas del doble y llegó casi á la cifra de cien mil (99 945). El número mensual de los nacimientos no fue mas que 2 530 en vez de 4 580, lo cual no se habia visto desde hace mas de un siglo. En el mes de setiembre los nacimientos no pasaron de 1 729. En resumen, en 1871 duplicó la mortalidad y los nacimientos se redujeron á la mitad. Hé aquí bien marcadas las consecuencias de la estupidez humana, que viene de cuando en cuando á perturbar la obra de la naturaleza.

(a) Respecto de Madrid se puede presentar un cuadro análogo, que resultaria formado del modo siguiente: Poblacion, 491 984 habitantes.

Meses.	Núm.	Promedio diario.	Meses.	Núm.	Promedio diario.
Enero. . . .	1101 . . .	35,50	Julio. . . .	1180 . . .	38,0
Febrero. . . .	947 . . .	33,80	Agosto. . . .	1115 . . .	36,0
Marzo. . . .	1109 . . .	35,70	Setiembre. . .	955 . . .	31,8
Abril. . . .	1039 . . .	34,60	Octubre. . . .	972 . . .	31,4
Mayo. . . .	998 . . .	32,20	Noviembre. . .	1029 . . .	34,1
Junio. . . .	930 . . .	31,00	Diciembre. . .	1114 . . .	36,0

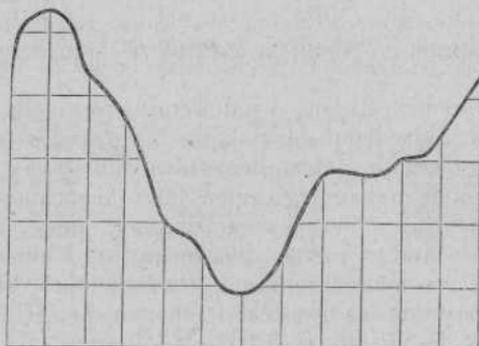
Máximo, julio; mínimo, junio; Total, 12 489.

El mayor número de nacimientos (1 218) se verifica en enero, y el menor en junio y julio (860 y 859); el número total de nacimientos en el año 1866 á que se refieren estos datos fue 42 269. En toda España nacen por término medio al año 621 748 personas; el máximo se verifica en enero y es de 56 076; el mínimo en julio y es de 45 188.

(N. del T.)

Después de las defunciones pasemos á los nacimientos.

Los documentos relativos á los nacimientos ofrecen hoy las noticias mas completas. El período anual es bien conocido y sus efectos científicos se han apreciado en la mayor parte de los países; hasta se prevé ya que debe haber un período diurno.



En. Feb. Mar. Ab. May. Jun. Jul. Ag. Set. Oct. Nov. Dic. En.

Fig. 34.—Influencia de las estaciones en los nacimientos.

El mayor número de nacimientos se verifica de Febrero á Marzo, cualquiera que sea la nacion ó la ciudad que se tome por ejemplo. Los meses de Junio y Julio son aquellos en que nacen menos criaturas: se encuentra otro máximo siete meses después del primero hácia el principio del otoño. En París nacen al año cerca de 55 000 criaturas: el máximo (5 100) se verifica en Marzo; el mínimo (3 900) se verifica en Junio. En toda la Francia hay en números redondos casi un millón de nacimientos al año. El máximo que se verifica también en Marzo es de 73 000; el mínimo que aparece en Junio es de 56 500. Por lo demás, se podrá formar mas fácilmente idea de esta influencia de las estaciones en los nacimientos, examinando la fig. 34, en la cual, la altura de la curva y sus ondulaciones corresponden á las cifras mensuales de las declaraciones hechas

oficialmente de nacimientos. Estas curvas están trazadas segun los números reunidos de Francia y de Bélgica.

(Se ha observado en ciertos países una entalladura en la curva en el mes de Diciembre, que indica una disminucion de concepciones en Marzo, producida por la observacion de la abstinencia en la cuaresma. Las observaciones de dos siglos sumadas han permitido á mi sábio compañero el doctor Berigny demostrar este hecho particularmente en Versalles. Pero en este caso lo que falta en Marzo, se acumula en Abril: la naturaleza no prescinde de sus derechos.)

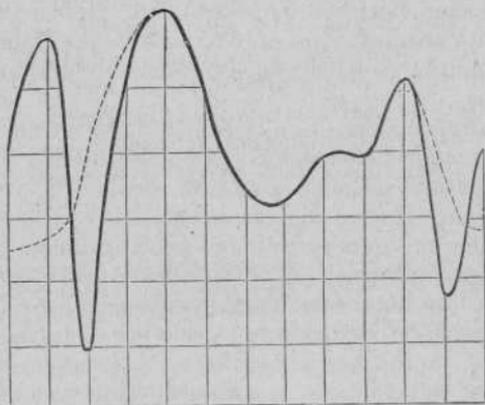
La influencia directa ó indirecta de la revolucion anual de la Tierra alrededor del Sol, de las grandes variaciones de temperatura que determina esta revolucion, y de ciertas constituciones meteorológicas en las concepciones y en los nacimientos del género humano parece, pues, muy evidente. Esta induccion se demuestra tanto mejor, cuanto que en el otro hemisferio donde las estaciones están invertidas respecto de las nuestras, como por ejemplo, en Buenos-Aires, los mismos resultados se observan en las mismas estaciones, es decir, con seis meses de intervalo. La inversion del máximo y mínimo es exactamente la misma que la de las estaciones. Además, las épocas de máximo y mínimo de las concepciones se adelantan en los países cálidos y se retardan en los frios.

Las horas del día ejercen tambien su influencia en los nacimientos. Nacen cinco criaturas desde las 6 de la tarde á las seis de la mañana por cada 4 que nacen desde las 6 de la mañana á las 6 de la tarde. El mínimo es á las 6 de la mañana; el máximo á media noche.

Esta influencia es menos notable en las defunciones. Sin embargo, la inspeccion de un gran número de tablas demuestra que hay un mínimo muy marcado entre las 6 de la tarde y la media noche. Mueren mas individuos por la mañana.

Resulta de todos los hechos aducidos, que en nuestro estado de civilizacion estamos, en parte al menos, sometidos á las diversas influencias periódicas que presentan, bajo el aspecto que nos ocupa, las plantas y los animales.

Las estaciones dejan una señal indeleble de su paso por su influencia en el número de nacimientos y defunciones que se verifican cada año en los diversos estados de Europa. Es curioso averiguar, por otra parte, si sucede lo mismo con los matrimonios. En esta clase de hechos, los usos es-



En. Feb. Mar. Ab. May. Jun. Jul. Ag. Set. Oct. Nov. Dic. En.

Fig. 53.—Influencia de las estaciones en los matrimonios.

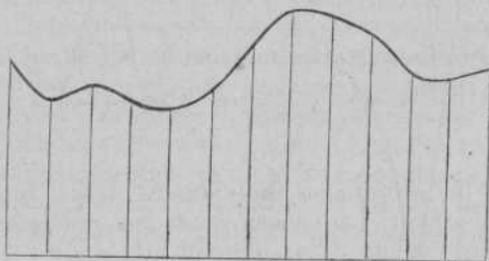
tablecidos y las voluntades individuales deben tener una parte mucho mayor. Las causas constantes que determinan el período, mas sujetas á la voluntad humana y á las costumbres religiosas, deben tener marcados efectos en los diferentes pueblos. Sin embargo, la influencia meteorológica no está menos marcada.

Dos máximos se presentan en los meses de Mayo y de Noviembre: el del mes de mayo es el que se pronuncia del modo mas notable. El mínimo de verano se verifica en Agosto. Pero se observan durante el invierno dos irregularidades completas, que dependen: una de que se dejan para el año siguiente, y su mes de Enero la mitad de los matrimonios que hubieran debido hacerse en Diciembre;

y otra, de que por la llegada de la Cuaresma se adelantan los matrimonios, que sin esta circunstancia se hubieran hecho en Marzo. Hechas las deducciones correspondientes de los meses de Enero y Febrero y agregadas á los de Diciembre y Marzo, la curva tiene una regularidad muy notable. La curva entallada de Marzo y Diciembre es una curva social; la curva natural sería la puntuada (fig. 35).

En esto mas que en nada, dice Quetelet, se encuentra una admirable confirmacion del principio de que, cuanto mayor es el número de individuos que se observa, tanto mas se borran las particularidades individuales, morales ó físicas para dejar que predomine la série de hechos generales, en virtud de los cuales existe y se conserva la sociedad (1).

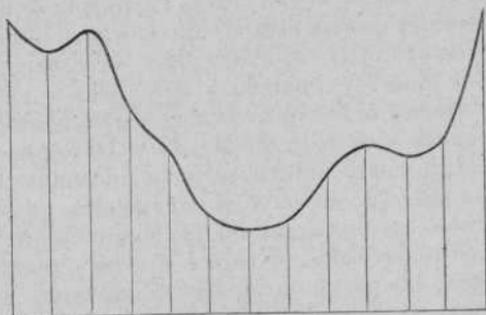
(1) Las curvas que acompañan á esta nota son las correspondientes á España, sacadas de los datos que aparecen en los Anuarios de Estadística. La señalada con el núm. 1 es la de las defunciones; el núm. 2 la de los nacimientos, y el núm. 3 la de los matrimonios. Las mismas ob-



En. Feb. Mar. Ab. May. Jun. Jul. Ag. Set. Oct. Nov. Dic. En.
Núm. 1.

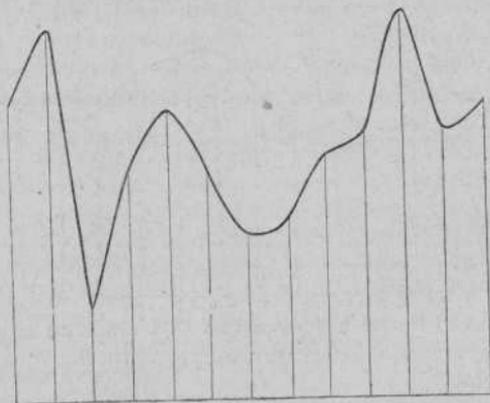
servaciones que hace Flammarion relativamente á las de Bélgica y Francia, son aplicables en su mayor parte á las dos últimas; pero en España el máximo de los matrimonios está en el mes de noviembre en vez de estar en marzo. El mayor número de defunciones tiene lugar en España durante los meses de agosto y setiembre; es decir en la época en que para otros países solo se verifica un máximo de mortalidad en los niños.

Tanto en la curva relativa á los matrimonios de Francia y Bélgica como en la de España, existe una entalladura muy notable en el mes de marzo, debida indudablemente á la cuaresma. La diferencia es tal que



En. Feb. Mar. Ab. May. Jun. Jul. Ag. Set. Oct. Nov. Dic. En.
Núm. 2.

siendo en España el número de matrimonios 10 698 al mes por término medio, en el de marzo no pasa de 6 539, es decir poco más de la mitad de los que corresponderían sin la influencia de aquella época religiosa. El



En. Feb. Mar. Ab. May. Jun. Jul. Ag. Set. Oct. Nov. Dic. En.
Núm. 5.

máximo de los nacimientos, que se halla en enero (59 076), corresponde a un máximo de concepciones en abril, que es probable proceda de la misma causa.

(N. del T.)

CAPITULO IV.

LA TEMPERATURA.

Su estado medio.—Sus variaciones diurnas y mensuales.—Marcha de la temperatura en París y en Francia.—Variaciones de las del agua y el suelo.—Las estaciones en el interior de la Tierra.—Temperatura de cada año en París desde el siglo pasado.—Variaciones diurnas y mensuales del barómetro.

Acabamos de ver que el planeta terrestre transportándose alrededor del Sol por su revolucion anual, y girando sobre sí mismo por su rotacion diurna hace variar la oblicuidad de los rayos solares que llegan á él. Por esa traslacion anual los hace elevarse durante seis meses del 21 de Diciembre al 21 de Junio en nuestros horizontes, y rebajarse durante los otros seis meses del año. Por su rotacion, trae el Sol á nuestro horizonte todas las mañanas, deja que reine el astro luminoso y calorífico en las alturas del cielo, y despues le hace que vuelva á bajar en apariencia, presentándole nuevos meridianos. Se ve, pues, que por este doble movimiento de la Tierra hay dos marchas generales en la accion del calor solar en nuestro planeta: una anual, y otra diurna.

Ocupémonos primero de la marcha *diurna*.

Para apreciarla exactamente tendríamos necesidad de observar el termómetro de hora en hora, dia y noche durante muchas semanas, muchos meses y hasta muchos años, á fin de reconocer y eliminar de la marcha regular debida al movimiento de la Tierra, las numerosas escepciones que vienen á turbar la Atmósfera. Pocos meteorologistas han

consentido en imponerse un trabajo tan rudo. Cincinello de Padua lo hizo casi durante diez y seis meses consecutivos; y digo *casi*, porque las observaciones de media noche, la una, las dos y tres de la madrugada estaban reemplazadas por dos, hechas en el mismo intervalo á horas variables. Es el primer meteorologista que ha hecho una série horaria de observaciones termométricas. Despues se han hecho otras (Gatterer, contemporáneo suyo; los oficiales de artillería de Leith, cerca de Edimburgo; Neuber en Apenrade (Dinamarca); Lohrman en Dresde; Koller en Kremsmunster; Kaëmtz en Halle, y los observatorios de Milan, Petersburgo, Munich y Greenwich). Ahora esta observacion continúa de hecho en el observatorio de Roma y en algunos otros por un aparato gráfico automático.

Resulta de estas observaciones y de otras muchísimas que se han hecho de dos en dos ó de tres en tres horas, que *hacia las dos de la tarde se presenta el instante mas cálido del día*, y que por el contrario *media hora antes de salir el sol* es el momento en que se experimenta mayor frio. Estos dos términos varían poco de un mes á otro.

La diferencia entre la hora mas cálida y la hora media mas fria es de 7° y medio en París; pero este valor es muy variable segun los meses del año (1).

El promedio obtenido en el observatorio de París es $14^{\circ} 47'$ para el máximo de las 2; $7^{\circ} 13'$ para el mínimo de las 4 de

(1) En Madrid se puede calcular en 10° la oscilacion media de la temperatura durante el día. El promedio de los máximos, que tambien se verifican en Madrid hácia las 3 de la tarde, es de $20^{\circ},8$; el de los mínimos — $7^{\circ},6$. La oscilacion máxima entre la temperatura inferior y la superior que se experimenta en la capital de España, llega á la enorme cifra de 67° al aire y de $51^{\circ},7$ bajo cubierta. En el año mas benigno de los que comprenden los números publicados en el *Anuario del Observatorio Astronómico*, asciende á 43° .

El promedio de la temperatura de Madrid, es de $13^{\circ},3$ en el año: considerado por estaciones, presenta las siguientes cifras:

Invierno.	5,2
Primavera.	12,3
Verano.	23,0
Otoño.	13,6

(N del T.)

la mañana, y $10^{\circ},7$ para el calor medio de todos los días del año, que se manifiesta á las 8 y 20 minutos de la mañana y á las 8 y 20 minutos de la noche.

La distancia en tiempo del mínimo al máximo durante el día es tan solo de 10 horas y de 14 la del máximo al mínimo (de las 2 de la tarde hasta las 4 de la madrugada).

El mínimo de la variación diurna adelanta algo á la salida del Sol: al principio del año se verifica un poco antes de las 6 de la mañana y se aleja poco á poco á medida que los días crecen. Después de febrero se presenta sucesivamente á las 5, luego á las 4 de la mañana; oscila posteriormente entre las 3 y las 4 de la madrugada, y después vuelve poco á poco á las 6 para los días más cortos: alguna vez pasa algo de esta hora y vuelve á tomar bien pronto la marcha anual que acabamos de indicar.

Se ve, pues, que el mayor frío diario en nuestros climas se manifiesta un poco después de las 6 de la mañana en el invierno y entre 3 y 4 de la misma en el verano.

La temperatura *media* de un día, en la acepción matemática de esta palabra, representa el promedio de las temperaturas correspondientes á todos los instantes de que se compone el día: si se fijase en un minuto por ejemplo la duración de estos instantes se dividiría por 1 440 (número de minutos contenidos en 24 horas) la suma de las 1 440 observaciones termométricas hechas entre dos medias noches consecutivas, y el cociente sería el número buscado. Dividiendo en seguida por 365 la suma de las 365 temperaturas medias correspondientes á todos los días del año, se tendría la temperatura media del año.

Parece, según la definición anterior, que para obtener las temperaturas medias con exactitud, sería indispensable proporcionarse observaciones muy próximas; pero afortunadamente, la marcha del termómetro, en circunstancias ordinarias es tal, que la semisuma de las temperaturas máxima y mínima (las de las 2 de la tarde y la de la salida del Sol) no difiere apenas de la media de las 24 horas.

Desde 1818 había indicado Arago que la temperatura media de las 8 y 20 minutos de la mañana es igual á la temperatura media del año. Un gran número de observa-

ciones termométricas hechas bajo su dirección, estaban basadas en el hecho del paso por la temperatura media dos veces al día. Pero despues se ha reconocido que esta suposicion deja que desear; porque de 8 á 9 de la mañana, y de 8 á 9 de la noche el termómetro oscila á veces con mucha rapidez. Despues se han tomado las temperaturas medias leyendo el termómetro á las 4 y á las 10 de la mañana, á las 4 de la tarde y á las 10 de la noche, sumando y dividiendo por 4. La media aritmética entre las observaciones de las 6 de la mañana, de las 2 de la tarde y de las diez de la noche, da tambien con muy poca diferencia la media efectiva; las diferencias pueden ser de dos décimos de grado. Desde que la meteorología ha ocupado el lugar que le corresponde entre las ciencias exactas, se ha procedido con mas severidad, se han rectificado todas las comparaciones, y se ha visto que se pueden reemplazar exactamente las 24 observaciones horarias por 8 observaciones trihorarias hechas á la 1, á las 4, á las 7 y á las 10 de la mañana, y á las mismas horas de la tarde y noche. Así se ha organizado desde hace muchos años en el observatorio Nacional de París, y en el nuevo observatorio meteorológico establecido en el parque de Montsouris.

Ocupémonos ahora de la marcha *anual* de la temperatura, cuyo mecanismo astronómico hemos estudiado en el capítulo precedente.

Las diferentes causas que modifican la accion calorifica del Sol, son muy poco variables durante todo el año en las dos regiones próximas al Ecuador, situadas una en el hemisferio Norte y otra en el hemisferio Sur, que se llaman *regiones tropicales*, y que constituyen la zona tórrida. El día tiene allí en efecto casi la misma duracion en todo el año: las alturas meridianas del Sol varían muy poco. Las cuatro estaciones, relativamente á la temperatura, deben diferenciarse muy poco unas de otras. Por una causa contraria, las estaciones se diferencian mucho al Norte y al Sur del Ecuador en las regiones en que los días del año, tienen una duracion muy variable, ó lo que es lo mismo en otros términos, allí donde las alturas meridianas del Sol varían mucho en el trascurso del año.

Hemos visto antes cuál es el valor de las estaciones en nuestras latitudes. Veamos ahora las cifras. El cuadro siguiente resume el término medio de las temperaturas anotadas en el observatorio de París.

CUADRO DE LAS TEMPERATURAS MEDIAS DE PARÍS (1).

(ARAGO, 1806-1851.)

Meses.	Máxima.	Mínima.	Media.
Enero.	3°,02	0°,87	2°,07
Febrero.	7,31	0,67	3,99
Marzo.	10,01	3,15	6,58
Abril.	13,12	6,51	9,81
Mayo.	18,38	10,67	14,52
Junio.	21,12	13,56	17,34
Julio.	22,67	15,41	19,04
Agosto.	22,42	14,37	18,49
Setiembre.	18,85	12,08	15,46
Octubre.	14,64	7,30	10,97
Noviembre.	9,67	3,91	6,79
Diciembre.	6,85	0,33	3,59
Temperaturas anuales.	14,17	7,27	10,70

(1) El cuadro anterior correspondiente á Madrid, es el siguiente:

CUADRO DE LAS TEMPERATURAS MEDIAS DE MADRID.

(1860-1869.)

Meses.	Máxima.	Mínima.	Media.
Enero.	9°,9	1°,0	4°,9
Febrero.	12,4	0,6	5,8
Marzo.	15,1	2,8	8,2
Abril.	20,5	6,3	12,7
Mayo.	24,0	9,6	16,1
Junio.	29,1	13,0	20,6
Julio.	33,5	16,3	24,5
Agosto.	33,1	16,1	23,8
Setiembre.	27,2	12,6	18,9
Octubre.	20,6	8,5	13,6
Noviembre.	13,9	3,8	8,2
Diciembre.	9,8	1,1	5,0

Está calculado por los datos reunidos durante el decenio de 1860 á 1869.

(N. del T.)

Se ve en él, bien se consulte el máximo medio ó el mínimo medio de cada mes, ó que se juzgue suficiente tomar tan solo las temperaturas medias, que el calor sigue una marcha creciente de enero á julio, y decreciente de julio á diciembre. El mes mas caloroso es el de julio, que sigue al solsticio de verano, y el mas frio el de enero que sigue al solsticio de invierno. El término medio de los máximos no ha llegado mas que una sola vez, en Enero, bajo cero; los meses mas frios son diciembre, enero y febrero, que constituyen el verdadero Invierno climatológico; la Primavera está formada por los meses de marzo, abril y mayo; el Verano por los tres meses mas cálidos junio, julio y Agosto; y los otros tres meses, setiembre, octubre y noviembre forman el verdadero otoño.

Los términos medios precedentes son los obtenidos por Arago para 46 años de observaciones (1806-1851). Las observaciones hechas despues han dado un resultado mas con-

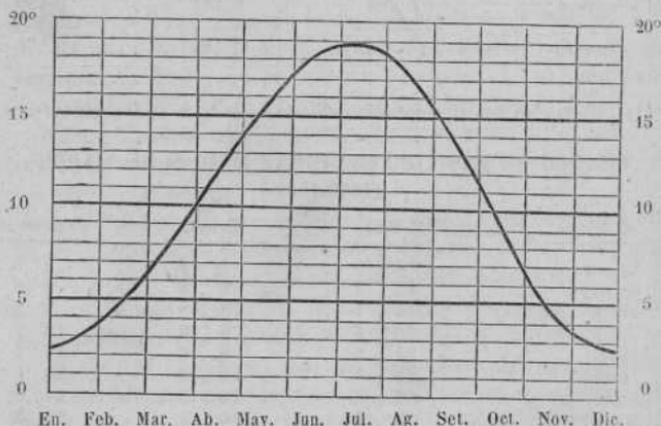


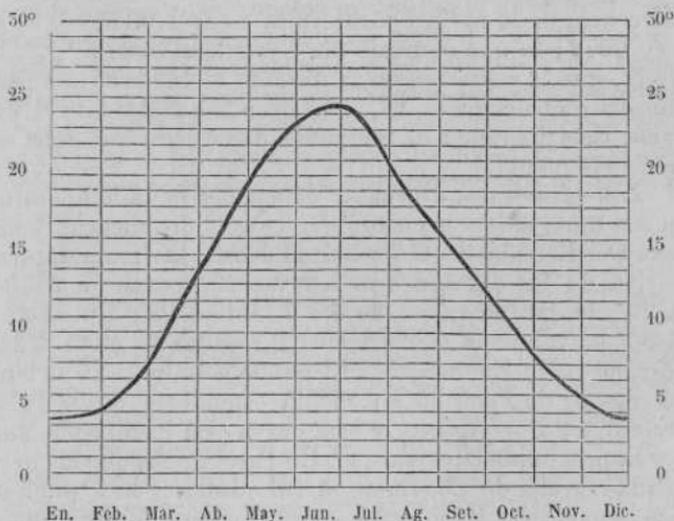
Fig. 36. --Variación mensual de la temperatura media de París. Observatorio de París (1806-1871).

forme aun con el estado medio secular de la temperatura de París, puesto que representa una serie mas larga de años. La fig. 36 manifiesta la curva muy regular de las tempe-

raturas medias mensuales del Observatorio de París, deducida de las observaciones de 65 años (1806-1851) y trazada con las cifras de estos términos medios generales (1).

Como el calor que la Tierra recibe del Sol varía con el cuadrado de la distancia, y el planeta no describe una órbita circular, hay además de la variación mensual debida á la inclinación de los rayos solares una variación mensual

(1) La temperatura media de Madrid, es como ya se ha dicho $13^{\circ},5$. Puede trazarse una curva de la variación mensual de esta temperatura, que resultaría con la forma indicada en la figura adjunta. La máxima



durante los años 1860 á 1871 ha sido $42^{\circ},4$, que corresponde á este último año: la mínima bajo techado que se ha presentado también en 1871, — $11^{\circ},2$; al aire libre baja la temperatura á veces hasta — 16° . El día 22 de Julio de 1832 á medio día, se observó en Madrid la temperatura de $43^{\circ},75$.

(N del T.)

debida á la distancia. En efecto, durante nuestro Verano estamos mas distantes del Sol que durante nuestro Invierno, y la diferencia es bastante sensible.

Hé aquí cuáles son las variaciones tomando por unidad la distancia solar media, y mirando el calor como recíproco al cuadrado de la distancia al astro calorífico.

	Distancia.	Calor solar.
Distancia media.	1 000 000	1,0000
Perihelio (en invierno).	0 983 208	1,0343
Afelio (en verano).	1 016 792	0,9673

Así es que antes de penetrar en nuestra Atmósfera la diferencia de la radiacion calorífica es de 1,0345—0,9673 =0,0672; lo que equivale muy próximamente á $\frac{1}{13}$; es decir, que la radiacion solar durante el Invierno, es para nuestro globo cerca de $\frac{1}{13}$ mas grande que durante el Verano. Esta diferencia es bastante notable para que deba tenerse en cuenta.

Las variaciones diurnas y mensuales de la temperatura son tanto mayores cuanto mayor es la distancia al Ecuador. Del Ecuador á 10° de latitud Norte las temperaturas medias de los diferentes meses varían apenas en 2 ó 3°. A 20° de latitud varían de 6 á 7 (Julio=28; Enero 21). A 30° la variacion media mensual regular se eleva á 12° (Agosto=27; Enero=15). Llegando á Italia se vé la curva regular de Palermo en Sicilia estenderse desde 10° 5 (Enero) á 23° 5 (Agosto) y esta curva está modificada aun por la proximidad del mar (1). En París vemos que la curva media marcha de 2° (Enero) á 19° (Julio) y hay diferencias mucho mas considerables entre los frios del Invierno y los calores del Verano. En Moscow la curva media mensual se estiende desde 10° 8 (Enero) á 24° (Julio); total 34° de diferencia media. En fin, podemos todavía añadir á esta

(1) En Madrid, segun puede verse en la figura de la nota anterior, la temperatura media oscila de 5° 5 (enero), á 29° 5 (julio), es decir que hay una diferencia de 24°.

escala de variaciones la de la Boothia Feliz, tierra boreal de la América, situada pasado el grado 72. Allí se estiende la curva desde 40° bajo 0 (Febrero) hasta 5° sobre 0 (Julio). Diferencia=45° entre las temperaturas medias del año. (Véanse los Climas, pág. 420 y fig. 129).

La variacion diurna mucho menos pronunciada que la variacion anual puede tambien representarse por curvas que indican las temperaturas sucesivas. La amplitud de la oscilacion termométrica es mayor en los paises cálidos y en el interior de los continentes que en los paises frios y en la proximidad de las costas. Aparte de la influencia niveladora de los mares, que permanece la misma con corta diferencia, la distancia al Ecuador obra de una manera opuesta en las oscilaciones anuales y diurnas del termómetro. Mientras que la primera aumenta á causa de la longitud de las noches de Invierno y de los dias de Verano, la segunda disminuye, porque en los paises meridionales el ardor de los rayos del Sol es mayor y el cielo mas puro durante la noche. Se ve por ejemplo que en Padua la variacion diurna en Julio es de 9°. La de París es por término medio de 7° 5. La de Leith en Escocia es de 5°.

Esto sucede con los términos medios. Pero si se examinase constantemente la movilidad de la temperatura en un sitio determinado, como por ejemplo, París, se veria que aparte de las variaciones regulares medias debidas al Sol, hay otras incomparablemente mayores, que representan un importantísimo papel en la salud pública: estas son, no ya las enormes diferencias que existen entre algunos frios de Enero y algunos calores de Julio, sino mas bien las variaciones diurnas sufridas en 24 horas. Estas diferencias son muy curiosas, sobre todo si se toma la temperatura de un termómetro al Sol, y la mas baja de la noche siguiente.

Hay con mucha frecuencia diferencias enormes entre el máximo y el mínimo de un dia, sobre todo en los meses de Mayo y Junio, diferencias que llegan, en el mismo París, hasta 25 y 30°. Hé aquí, por ejemplo, algunos de los máximos observados en el Observatorio de Monsouris entre la 1 y las 4 de la tarde en un termómetro de bola verde espuesto al Sol á 10 centímetros del suelo cubierto de yerba, y al-

gunos de los mínimos indicados por el mismo termómetro entre la 1 y las 4 de la madrugada siguiente. Elijo los que presentan mayores diferencias.

	Máximo.	Mínimo.	Diferencia.
11 de mayo de 1870	30°,7	4°,1	26°,6
16 " "	30,2	6,0	24,2
17 " "	32,7	6,9	25,8
18 " "	39,4	12,1	27,3
19 " "	41,5	14,4	27,1
20 " "	41,9	12,9	29,0
21 " "	44,0	16,0	28,0
25 " "	30,5	5,0	25,5
27 " "	30,8	6,1	24,7
30 " "	34,8	10,2	24,6
8 de junio	30,5	6,0	24,5
12 " "	32,0	8,0	24,0
13 " "	33,6	8,5	25,1
14 " "	41,9	12,0	29,9
16 " "	41,3	16,1	25,2
23 " "	40,8	11,7	29,1
29 " "	35,1	9,0	26,1
30 " "	35,0	7,1	27,9
2 de julio	30,0	6,0	24,0 (1)

Se ve, pues, que en nuestro clima las variaciones diurnas de la temperatura son á veces considerables. Esta extrema variabilidad es verdaderamente uno de los signos particulares del carácter parisiense, tan versátil y tan veloz como su atmósfera.

Las investigaciones precedentes tenían por objeto apreciar la cantidad de calor solar que penetra en las capas aéreas y la cantidad de este calor que llega hasta nosotros.

Es interesante ahora ver cómo penetran estas variaciones de temperatura en el interior de la Tierra y los límites en que se detienen.

Las variaciones diurnas dependen de la rotacion de la Tierra sobre su eje y son apreciables á muchos decímetros de profundidad; despues se presenta una capa en que ab-

(1) En Madrid las diferencias de temperatura observadas en un mismo día no pasan de 22 á 24°.

solutamente dejan de presentarse; mientras que las variaciones *anuales* dependientes del movimiento de traslacion de la Tierra en su órbita son aun muy sensibles.

Estas últimas variaciones son apreciables en nuestros climas á mas de 20 metros de profundidad; mas abajo se presenta una segunda capa llamada *capa invariable* de las temperaturas, porque el termómetro conserva en ella, durante el trascurso del año entero, una altura casi constante. De modo que se deben concebir, por debajo del suelo, dos capas límites, una para las variaciones diurnas y otra para las variaciones anuales del termómetro.

Existen pocas observaciones seguidas sobre la temperatura de la Tierra á diversas profundidades; y la mayor parte de las que tenemos no es seguro que presenten todas las garantías apetecibles. Los físicos que se han ocupado de esta clase de investigaciones han adoptado en general el mismo método de observacion, que consiste en seguir la marcha de termómetros cuyas bolas están sumergidas en el terreno á mayor ó menor profundidad, y cuyos tubos son bastante largos para que la escala de los grados esté por cima de la superficie del suelo. Solo en estos últimos tiempos se ha empezado á tener en cuenta la diferencia de las temperaturas que debe tener necesariamente el termómetro en sus dos extremos, lo que exige una correccion tanto mayor cuanto menor es la capacidad de la bola respecto del tubo.

El observador mas antiguo que se ha ocupado de una manera seguida de las temperaturas de la Tierra es el comerciante de Zurich, Ott, que desde 1762 hizo investigaciones durante 4 años y medio con 7 termómetros colocados á diversas profundidades. Otra série de observaciones no menos importante que la de Zurich, se hizo en Leith, cerca de Edimburgo, durante los años 1816 y 1817. Varios observadores concienzudos han estudiado despues con detencion este asunto.

Uno de los primeros resultados obtenidos ha sido el de demostrar que el calor solar atraviesa el suelo, y se acumula parcialmente en él, hasta cierta profundidad, de la cual no pasa. En los meses cálidos la temperatura del sue-

lo *disminuye* desde la superficie hasta la capa invariable; en los meses fríos *aumenta* con la profundidad. Estas primeras observaciones conducen á resultados mas precisos.

De las diversas séries de observaciones que se han hecho para demostrar la marcha anual de la temperatura por bajo de la superficie del suelo, la mejor me parece la del Observatorio de Bruselas de 1834 á 1842 organizada por M. Quetelet. Elijo en esta série tres años, que ponen bien de relieve este efecto termométrico segun las profundidades. En la fig. 37 la primera línea representa la marcha del termómetro colocado á 19 centímetros de profundidad; la segunda, la del termómetro enterrado á 45 centímetros; la tercera la del que estaba á 75 centímetros. Se ve que al partir de este límite las oscilaciones pequeñas dejan de manifestarse. La cuarta línea es la curva de la temperatura á 1 metro. La quinta la de 3^m 90; y la 6.^a la que ha dado el termómetro introducido en el terreno hasta 70^m80. Los meses de los 3 años sucesivos que se reproducen en la figura se marcan por sus iniciales. Estas demostraciones se resúmen de este modo.

1.^o La velocidad media para la trasmision del calor á la superficie del suelo ha sido de 144 dias para 7^m 80, lo cual da 3 decímetros recorridos en 6 dias.

2.^o Comparando las observaciones de París, Strasburgo, Zurich y Bruselas, se ve que las variaciones anuales son nulas á una profundidad de 25 metros.

3.^o La velocidad con que las variaciones *diurnas* de la temperatura se transmiten al interior de la tierra es de 3 horas próximamente para una capa de tierra de un decímetro de espesor.

4.^o Las variaciones diurnas pueden considerarse como nulas á la profundidad de 1^m 3, es decir, á una profundidad diez y nueve veces menor que aquella á que desaparecen las variaciones anuales.

La ley de disminucion de las variaciones anuales de la temperatura por bajo de la superficie de la tierra, puede expresarse diciendo que cuando se baja siguiendo una progresion aritmética, las amplitudes de las variaciones del ter-

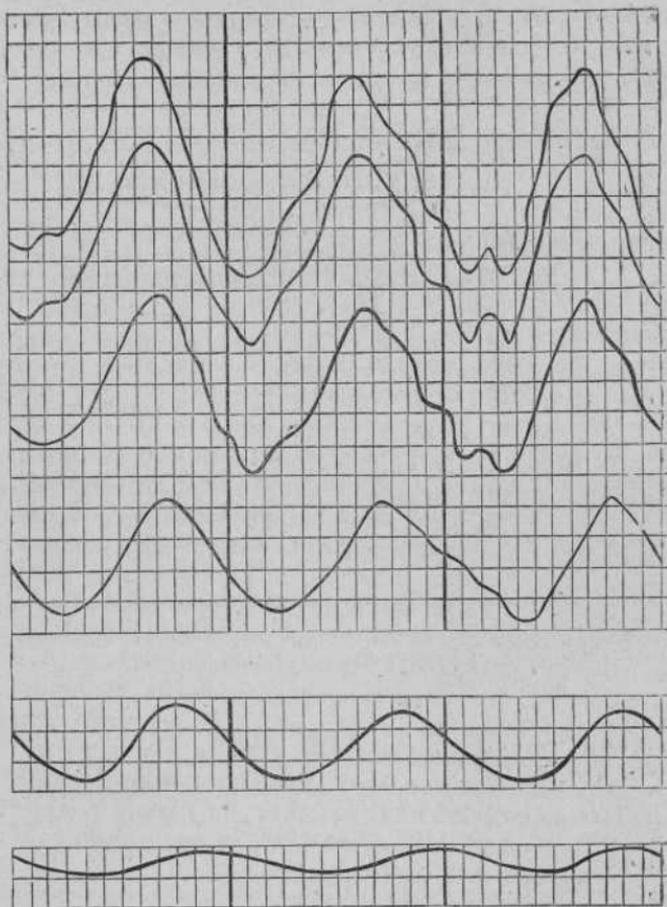


Fig. 57.—Variaciones anuales de la temperatura por bajo de la superficie del suelo.
Curvas de tres años consecutivos.

mómetro durante el curso de un año disminuyen, según una progresión geométrica.

La ley de las variaciones de temperatura que experimenta una misma capa de tierra, durante el transcurso de un año, se ve en el cuadro siguiente, bastante claro por sí mismo para que no sea precisa ninguna explicación.

MESES.	TERMÓMETRO COLOCADO				
	en la superficie del suelo.	á 0 ^m 19 de profundidad.	á 1 ^m de profundidad.	á 5 ^m 90 de profundidad.	á 7 ^m 80 de profundidad.
Enero. . .	2°,40	3°,24	6°,01	11°,73	12°,41
Febrero. . .	3°,06	3°,23	5°,77	10°,70	12°,13
Marzo. . .	4°,81	4°,55	6°,39	9°,97	11°,79
Abril. . .	6°,94	6°,11	7°,13	9°,68	11°,44
Mayo. . .	12°,00	10°,25	9°,99	9°,91	11°,17
Junio. . .	15°,87	13°,84	13°,18	10°,75	11°,02
Julio. . .	16°,94	14°,93	14°,90	11°,86	11°,12
Agosto. . .	16°,71	15°,12	15°,73	13°,00	11°,41
Setiembre. . .	14°,15	13°,22	13°,08	13°,81	11°,78
Octubre. . .	9°,96	10°,21	13°,27	14°,06	12°,11
Noviembre. . .	5°,69	6°,48	10°,06	13°,68	12°,40
Diciembre. . .	3°,37	4°,66	8°,40	12°,76	12°,47
Año entero	9°,33	8°,82	10°,49	11°,82	11°,77

La temperatura media del año puede deducirse de la del suelo por cualquiera de los tres métodos siguientes.

1.° Por una sola observación, tomando la temperatura de la Tierra á unos 20 metros, y corrigiéndola de la elevación de temperatura correspondiente á esta profundidad que puede evaluarse en 1° por cada 35 metros.

2.° Por las observaciones de dos meses con un intervalo de medio año, tomando la temperatura solo á algunos metros de profundidad.

3.° Por las observaciones de cuatro meses igualmente espaciados leyendo termómetros colocados al aire libre ó en la superficie del suelo.

Entre los resultados obtenidos en el observatorio de Bruselas, uno de los mas interesantes es la medida del tiempo

empleado por la temperatura *diurna* en transmitirse á diversas profundidades.

El termómetro cuya bola está en la superficie del suelo, tiene su máximo á las 12 y 45' del día,

—	—	medio enterrada. . .	12	55
—	—	debajo de la superficie	1	
—	—	á 0m,2 de profund..	6	tarde.
—	—	á 0m 4	1	40 mañana.
—	—	á 0m,6	5	48 "

El máximo de temperatura se presenta, pues, hácia la superficie del suelo poco antes de la 1; á 2 decímetros de profundidad hay un retraso de 5 horas y cuarto; á 4 decímetros de profundidad el retraso es de 12 horas 23', y á 6 decímetros de cerca de 17.

Lo cual da por término medio 2 horas 40' para lo que tarda en transmitirse el máximo de temperatura á través de una capa de 1 decímetro de espesor. La capa en que los máximos de temperatura se verificarían en los mismos momentos que en el suelo, estaría á una profundidad de 8 decímetros y medio.

Bravais y Martin han obtenido un resultado análogo, á 2 683 metros sobre el nivel del mar, como consecuencia de las observaciones que hicieron en Faulhorn en 1841. «Nuestras observaciones relativas á la temperatura del suelo, dice Bravais, me han probado que los máximos y mínimos de calor diurnos emplean cerca de 2^h 54 minutos para atravesar una capa de terreno de un decímetro de espesor. La correspondencia entre este resultado y los obtenidos por M. Quetelet en el observatorio de Bruselas, es muy notable.»

Agreguemos á estas investigaciones las que M. Becquerel viene practicando desde hace mucho tiempo en el Jardín de Plantas relativamente á la distribución del calor y sus variaciones en el terreno de París.

Arago admitía que la temperatura de las cuevas del Observatorio situadas á 28 metros por bajo de la superficie del suelo, y que es de 11° 7 debía ser la de la capa invariable, puesto que no habia experimentado alteración alguna en tres cuartos de siglo. Tal fue su punto de partida en las determinaciones de temperatura que hizo en los pozos artesianos.

El termómetro eléctrico permite estudiar con exactitud la distribución de calor por debajo del suelo, las anomalías

á que está sujeta y da la posibilidad de reconocer con certeza la posición de la capa invariable.

Con este objeto se taladró en 1863 en el Jardín de Plantas, un pozo artesiano al cual se bajó un cable termométrico compuesto de otros muchos y encerrado en un tronco de madera, hueco interiormente y embreado. Los cables parciales han permitido estudiar sin interrupción desde el suelo hasta una profundidad de 36 metros por debajo de él. El pozo se llenó en parte de hormigón para evitar el contacto del tronco y por consiguiente del cable con las aguas que proceden de las filtraciones. La temperatura se obtiene con una gran exactitud y solo puede haber un error de $\frac{1}{10}$ de grado á lo sumo.

La temperatura media observada ha sido:

10°,64 á 1 metro	12°,05 á 21 metros
11°,76 á 6 "	12°,27 á 26 "
11°,76 á 11 "	12°,30 á 31 "
11°,78 á 16 "	12°,42 á 36 "

Tal es la marcha de la temperatura en el interior del suelo (1). Los insectos, los gusanos, las raíces de los ár-

(1) Entre las 8 estaciones espaciadas de 3 en 5 metros hay 3, las de 21, 31 y 36 cuyas temperaturas no sufren alteración en el curso del año entero; están, pues, en las condiciones de la capa invariable situada en nuestros climas á la profundidad de 23 metros. Estas estaciones están la primera en la caliza y las otras dos en una arcilla arenosa.

En cuanto á las otras estaciones situadas á 1 metro, 6 y 26, las temperaturas están sometidas á las siguientes variaciones.

1.º A 1 metro por bajo del suelo, la temperatura media va aumentando del invierno al verano como en el aire. La diferencia entre el máximo y el mínimo es de 6°,92, mientras que en el aire es de 15°,17.

2.º A 6 metros las variaciones siguen una marcha inversa; el máximo se observa en invierno; la diferencia es de cerca de 1°.

3.º A 11 metros, la variación es solo de 0°,3 é indica también que el máximo está en invierno, y el mínimo entre la primavera y el verano.

4.º A 16 metros, la marcha de la temperatura es como en el aire, y la amplitud de la variación de 0°,25.

En fin, á 26 metros la marcha es también la misma; la variación es de 0°,53.

Ahora bien, creciendo la temperatura de 21 á 36 metros, 0°,12, y habiendo sido constante en cada una de estas estaciones durante los años 1864, 65 y 66, se cree que puede deducirse que el aumento de tem-

boles la conocen y tienen su parte especial en el trabajo general de las estaciones en la superficie del globo.

Al hablar de la temperatura del suelo y de la temperatura media de un lugar, es frecuente ocuparse del termómetro tipo de las cuevas del Observatorio de París, que desde hace mucho tiempo es una de las bases fijas de la graduación de los termómetros. Veamos su historia en pocas palabras:

La temperatura de los subterráneos situados en la capa invariable de que acabamos de hablar dá la temperatura media de la Atmósfera exterior tomada en la superficie, corrigiéndola del ligero exceso debido á la profundidad. Subterráneos de esta especie existen bajo el edificio del Observatorio de París. Están á 28 metros (86 pies) de profundidad y además muy al abrigo de las influencias exteriores por el macizo edificio que los domina. Desde hace dos siglos justos se hacen observaciones en el termómetro, que permanece constantemente á $11^{\circ} 7$.

peratura es de 1° por cada 40 metros próximamente. Si empieza á calcularse el aumento á partir de los 21 metros donde se encuentra la primera capa constante, se obtiene el mismo resultado.

Desde 6 á 11 metros las temperaturas no varían como en el aire; los máximos y los mínimos está en sentido inverso, mientras que á 16 y á 26 metros siguen los mismos periodos que en aquel fluido.

Este estado de cosas prueba que en ciertas localidades, debajo del suelo, las capas están en relación con el aire, cuyas vicisitudes experimentan, aunque en mucha menor escala. Esta relación depende de las filtraciones de las aguas pluviales, sometidas á una marcha regular, las cuales originan una perturbación en la distribución de la temperatura.

En efecto, las aguas meteóricas que caen sobre el suelo, penetran en el interior de la tierra por la cual se filtran, obedeciendo á la acción de la gravedad; se acumulan sobre las capas impermeables y allí forman mantos de agua subterráneos. Respecto al pozo del Jardín de Plantas, la carta hidrológica demuestra que á la profundidad de 16 metros se penetra ya en el manto de agua que alimenta los pozos ordinarios del Jardín de Plantas. Este manto corre sin cesar hácia el Sena y recibe directamente las aguas atmosféricas, de modo que debe participar de sus variaciones de temperatura. Se concibe, pues, que las variaciones de temperatura puedan llegar á $0^{\circ},53$ á esta profundidad de 26 metros. Los mantos subterráneos alimentados directamente con aguas que llegan de la superficie deben necesariamente reproducir, aunque atenuándolas, las variaciones de temperatura de estas últimas. Las variaciones serán tanto mas sensibles, cuanto mas someros estén los mantos de agua y mas fácil y rápida sea su corriente.

El 24 de Setiembre de 1671 se puso por primera vez en los subterráneos del Observatorio un termómetro que se dejó en observacion por algun tiempo. Al dia siguiente, 25, se anotó con cuidado la altura que indicaba. Durante los meses de octubre y de noviembre se bajó muchas veces á los subterráneos y se encontró siempre la temperatura en el mismo punto: el termómetro se habia construido por el abate Mariotte. Estas son las observaciones mas antiguas relativamente á la temperatura de las cuevas del Observatorio.

La constancia de esta temperatura se admitió desde luego como un hecho indudable. La Hire desde fines del siglo XVII tomó esta temperatura como uno de los puntos fijos de su termómetro, y le marcó á los 48° de la escala calorífica.

En una memoria publicada en 1730, dió Reaumur por primera vez una apreciacion de esta temperatura que puede referirse á los grados termométricos comparables.

En 1783 construyó por sí mismo Lavoisier otro termómetro que fue instalado en el Observatorio por Cassini IV. Para impedir que las corrientes de aire pudieran influir en la temperatura del recinto donde de allí en adelante debian hacerse las observaciones termométricas, Cassini hizo mampostear con gruesos muros todas las galerías que desembocaban en la antigua cueva de los termómetros, á escepcion de una que se cerraba con una buena puerta. Se formó asi un estenso gabinete subterráneo formado por una galería de 33 metros de longitud, 2 de anchura y 2, 66 de altura con la cual comunicaban otras tres cuevas sin salida abiertas en la roca de cerca de 1 metro cuadrado por 2^m, 66 de elevacion, destinadas á contener las brújulas y otros instrumentos de distintas especies.

El termómetro de Lavoisier está formado por un receptáculo de cerca de 0^m, 07 de diámetro unido á un tubo casi capilar de 0^m, 57 de longitud perfectamente calibrado: se graduó por comparacion con un termómetro tipo: cada grado de la division Reaumur ocupa 0^m, 109 de altura, y por consiguiente se puede distinguir y apreciar fácilmente medio céntimo de grado. El instrumento está

colocado en un bocal lleno de arena cuarzosa muy fina y muy seca que rodea la bola y parte del tubo del termómetro hasta 22 centímetros del término á que se mantiene el azogue en los subterráneos. La permanencia de los dos observadores en el gabinete durante 8 ó 10 minutos no causa variacion ninguna en la altura del azogue. Las divisiones termométricas están grabadas en una placa de vidrio colocada á lo largo del tubo. Este termómetro de Lavoisier que es el termómetro tipo de las cuevas del Observatorio, se ha colocado sobre un pilar aislado en frente de la antigua mesa de los termómetros.

Desde 1783 á 1817 el termómetro ha subido desde $11^{\circ},417$ á $12^{\circ},086$. Arago dudaba si este ligero aumento se deberia al instrumento, y para evidenciar esta sospecha rogó á Gay-Lusac que hiciese él mismo otro termómetro. El sábio físico para complacerle graduó con el mayor esmero un termómetro que se colocó al lado del de Lavoisier y con las mismas precauciones. Se demostró un error de $+ 0^{\circ},380$ en la graduacion del antiguo termómetro á consecuencia de la variacion del cero de su escala. (Con el tiempo casi todos los termómetros se hacen inexactos. El cero, punto del hielo fundente sube á lo largo de la escala como si la bola que contiene el azogue se estrechase) (1). La temperatura de 1817 debia, pues, reducirse á $11^{\circ},706$ en vez de $12^{\circ},086$ y en este caso la diferencia con la temperatura de la superficie ($10^{\circ},7$) no era mas que de 1° , lo cual corresponde al aumento de la temperatura por la profundidad.

He bajado á estas memorables cuevas el 24 de Setiembre de 1871, dos siglos dia por dia despues de que se hizo en ellas la primera observacion termométrica. La galerías que conducian á las catacumbas de París se han cerrado;

(1) Se han dado varias esplicaciones de este fenómeno, y ninguna de ellas completamente satisfactoria; en general se atribuye á una contraccion del vidrio verificada muy lentamente; pero esta esplicacion, admisible cuando se creia que el cero no variaba de posición mas que durante dos ó tres años, al cabo de los cuales quedaba fijo, no lo es tampoco desde que Despretz demostró que la variacion es continua y no se detiene al cabo de ese tiempo.

pero el silencio sepulcral que reina en estas profundidades invita al recogimiento tanto ó mas que los vulgares osarios con sus próximos esqueletos. El colosal edificio de Luis XVI que eleva la balaustrada de su azotea á 28 metros por cima del suelo, descende por debajo de él con sus cimientos á la misma profundidad: 28 metros. En el ángulo de una de estas galerías subterráneas hay una imagen pequeña de la Virgen colocada el mismo año de 1671, á quien unos versos grabados á sus pies, invocan bajo el nombre de «Nuestra Señora de debajo de tierra.» (Notre-Dame-de-dessous-terre). Despues se llega á la galería de los termómetros, en la que se cierne el silencioso recuerdo de los sabios que la han recorrido, de los Cassini, Reaumur, Lavoisier, Laplace, Humboldt, Arago.... Las borrascas de la Atmósfera y las de la humanidad no penetran en este santuario y la Commune de 1871 que se habia atrevido á escalar la azotea superior, ha retrocedido ante la idea de aventurar sus brutales pasos en estos sagrados escalones...

En 1872 el termómetro de Lavoisier y el de Gay-Lussac marcan 11° 7.

Se ve, pues, que es precisamente 1° mas de la temperatura media de París.

La temperatura media de un lugar, es la que se obtiene haciendo la suma de las temperaturas medias anuales y dividiendo por el número de años durante los cuales se han hecho las observaciones. Este modo de operar no es aplicable sino á un corto número de estaciones. Así es que debió buscarse desde luego un modo de obtener por medio de experimentos efectuados con rapidez números, que pudiesen suplir con bastante aproximacion á estas largas determinaciones. Hemos visto que en nuestros climas, la costra sólida que forma la superficie del suelo experimenta variaciones diurnas de temperatura, que abajo hay otra capa que solo experimenta variaciones anuales y que por último á una profundidad bastante grande, á 25 metros próximamente se encuentra otra invariable cuya temperatura está muy próxima al término medio de una larguísima série de temperaturas diarias en la Atmósfera. Buscando la temperatura de esta capa bastante profunda, ó lo que es lo mismo,

determinando la temperatura constante de los manantiales que nacen en un país ó de los pozos poco profundos ó de los subterráneos, se puede llegar á encontrar para la temperatura de cada lugar, un número que difiera muy poco del calculado empleando una larga série de observaciones anuales.

En las regiones equinociales, basta bajar un termómetro á la pequeña profundidad de un tercio de metro en los lugares abrigados, para que marque constantemente el mismo grado con diferencia de uno ó dos décimos. Se practica para esto un agujero en el suelo de las cabañas de los indios ó en el de simples cobertizos para que esté al abrigo de la radiacion directa producida por la absorcion de la luz solar, de la radiacion nocturna y de la infiltracion de las lluvias.

Tomando la temperatura de los manantiales por la del interior de la tierra se encuentra una gran aproximacion para la zona comprendida entre 30° y 55° de latitud, siempre que los lugares no estén á mas de 1 000 metros de altura sobre el nivel del mar.

Para las latitudes superiores á 55° la diferencia entre las temperaturas del año y de los manantiales aumenta de una manera sensible.

Hacia la cima de los Alpes Suizos, pasados los 1 400 y 1 500 metros de altura lo mismo que en las altas latitudes, los manantiales de la tierra tienen 3° mas que el aire.

En los países meridionales las temperaturas de los manantiales y del suelo son inferiores á la temperatura media del aire, como se ve por las relaciones de Humboldt y de Leopoldo de Buch.

En nuestras latitudes esta temperatura es igual á la del suelo cerca de la superficie y un poco superior á la media del lugar.

La temperatura de los rios varía segun las estaciones lo mismo que la del aire, pero con oscilaciones menos marcadas. Las variaciones se estienden desde 0 á 30° en nuestras latitudes.

En julio la temperatura del Sena en París se eleva á 25 y mas grados: en enero descende con bastante frecuencia hasta cero: mas adelante veremos las épocas en

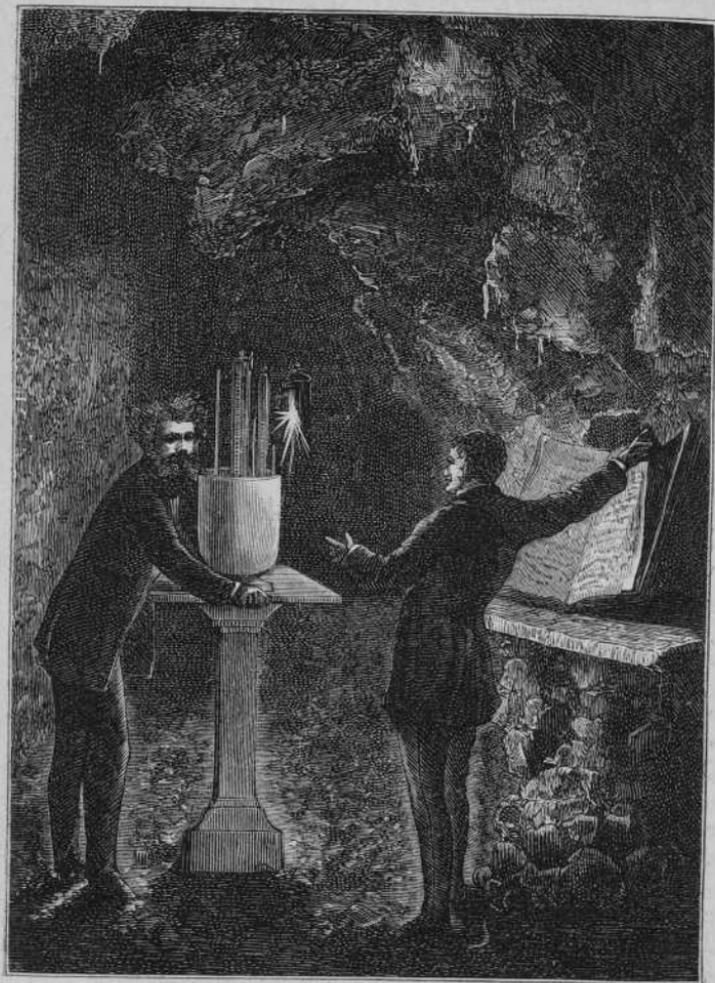


Fig. 58.—La cueva de los termómetros del Observatorio de París.

que el río se hiela ya parcialmente, ya por completo (1).

Nos interesa ahora completar este conjunto de estudios sobre la meteorología de nuestros climas, con la manifestación de las *temperaturas medias de París desde el principio de este siglo*. Añadimos á estas las temperaturas escepcionales que se han advertido en París, como mínimas ó como máximas. Los datos son los del Observatorio. (Termómetro del muro norte de la sala meridiana). El invierno comprende el mes de diciembre del año anterior y los de enero y febrero; el verano consta de junio, julio y agosto. El año se compone íntegramente del período civil de 1.º de Enero á 31 de Diciembre.

TEMPERATURAS MEDIAS ANOTADAS EN EL OBSERVATORIO DE PARÍS.

Años.	DEL INVIERNO.	FRIOS ESCEPCIONALES.	DEL VERANO.	CALORES ESCEPCIONALES.	Del año.
	(dic. enero feb.)		(jun. jul. agt.º)		
1800.	.. " "		" "		10º,2
1801.	.. " "		" "		10 ,7
1802.	.. " "		" "		10 ,0
1803.	.. " "		" "		10 ,6
1804.	.. 5º,0		18º,6		11 ,1
1805.	.. 2 ,2		17 ,3		9 ,7
1806.	.. 4 ,8		18 ,5		11 ,9
1807.	.. 5 ,6		19 ,7		10 ,8
1808.	.. 2 ,1		16 ,9 (15 julio 36,2)		10 ,4
1809.	.. 4 ,9		19 ,6		10 ,6
1810.	.. 2 ,0		17 ,5		10 ,6
1811.	.. 4 ,0		18 ,4		12 ,0
1812.	.. 4 ,1		17 ,2		9 ,0
1813.	.. 1 ,8		16 ,5		10 ,2
1814.	.. 0 ,9		17 ,4		9 ,8
1815.	.. 4 ,3		17 ,1		10 ,5
1816.	.. 2 ,2		14 ,3		9 ,4
1817.	.. 5 ,2		17 ,1		10 ,5
1818.	.. 3 ,5		19 ,2		11 ,3
1819.	.. 4 ,1		18 ,2		11 ,1
1820.	.. 1 ,9 (11 enero 14,3)		17 ,4		9 ,8
1821.	.. 2 ,3		17 ,2		11 ,1
1822.	.. 6 ,0		19 ,7		12 ,1
1823.	.. 1 ,4 (14 enero 14,6)		17 ,1		10 ,4
1824.	.. 4 ,4		17 ,8		11 ,2
1825.	.. 4 ,9		18 ,9 (19 julio 36,3)		11 ,7
1826.	.. 3 ,7		20 ,2 (1.º agosto 36,2)		11 ,4
1827.	.. 1 ,1		18 ,0		10 ,8

(1) Véase en el Apéndice la nota VIII sobre la temperatura de los manantiales.

TEMPERATURAS MEDIAS ANOTADAS EN EL OBSERVATORIO DE PARÍS.

Años.	DEL INVIERNO.		DEL VERANO.		Del año.
	(dic. enero feb.)	FRIOS ESCEPCIONALES.	(jun. jul. agt.º)	CALORES ESCEPCIONALES.	
1828.	6,0		18,0		11,5
1829.	3,1	(24 enero 17,0)	17,5		9,4
1830.	1,6	(17 enero 17,2)	17,3		10,1
1831.	3,6		18,4		11,7
1832.	3,5		19,2		10,8
1833.	3,7		17,7		10,9
1834.	6,3		20,4		12,3
1835.	4,7		19,2		10,7
1836.	4,9		17,5		10,7
1837.	3,9		19,0		10,0
1838.	0,6	(20 enero 19,0)	17,5		9,2
1839.	3,2		18,4		10,9
1840.	4,2		18,5		10,3
1841.	0,9		16,7		11,2
1842.	2,9		20,7	(18 agosto 37,2)	11,0
1843.	4,1		17,8		11,3
1844.	3,3		16,9		10,2
1845.	0,4		17,0		9,7
1846.	5,8		20,6	(5 julio 36,5)	11,7
1847.	1,7	(19 dic. 1846 14,7)	18,4		10,8
1848.	3,3		18,6		11,4
1849.	5,9		18,4		11,3
1850.	3,8		18,4		10,6
1851.	4,3		18,2		10,5
1852.	4,0		19,3	(16 julio 35,1)	11,7
1853.	5,3		17,9		10,4
1854.	3,0	(30 dic. 1853 14,0)	17,2		10,9
1855.	2,1		15,6		9,5
1856.	4,1		18,8		10,8
1857.	3,2		19,2	(4 agosto 36,2)	11,3
1858.	2,4		19,2		10,4
1859.	4,4		19,5		11,4
1860.	3,4		15,6		9,2
1861.	2,2		18,6		10,7
1862.	1,8		16,9		10,7
1863.	5,1		18,7		11,4
1864.	3,1		17,0		9,9
1865.	3,4		18,5		11,4
1866.	4,5		17,9		11,1
1867.	3,8		17,6		10,5
1868.	2,7		19,4	(22 julio 34)	11,8
1869.	4,6		17,4		10,7
1870.	2,5		18,5		10,2
1871.	1,8	(24 dic. 1870 12)	18,1		10,0
1872.	3,9	(9 dic. 1871 21,5)	" "		" "
Término medio					
general.. 3,2					
			18,3		
					10,7

Resulta de esta tabla que en París desde el principio del siglo, el invierno mas frio ha sido el de 1830 y el mas templado el de 1834; el verano mas frio el de 1816 y el mas caloroso el de 1842; el año mas frio el 1829 y el mas caloroso el 1834.

Esta lista no tiene mas objeto que dar sencillamente el estado medio anual, estival é invernal de la temperatura anotados en el Observatorio de París. Mas adelante veremos que en Francia ha habido frios mas rigorosos y calores mas escesivos que los que acabamos de indicar, y cuya observacion se ha hecho en otros puntos distintos.

Hemos dicho que si se tomaban las temperaturas medias de cada dia del año en París se hallaba un aumento de calor desde la primera semana de enero hasta la mitad de julio y en seguida una disminucion constante desde la última fecha á la primera. Este fenómeno general no deja de tener sus irregularidades: las cosas no suceden tan exactamente.

Es cierto que de un modo general el movimiento de la Tierra es el que ocasiona las grandes fases de la temperatura, y produce en nuestros climas por ejemplo un mínimo en enero y un máximo en julio. Pero la curva que reúne estos puntos estremos no es una curva absolutamente regular. Se encuentran marcadamente puntos de detencion y de retroceso que parecen destinados á volver periódicamente. La observacion continúa é interesada de las poblaciones, sobre todo de las poblaciones rurales, habia consagrado desde tiempo inmemorial algunas de estas variaciones periódicas, por medio de refranes que la ciencia moderna ha hecho mal en despreciar. Asi es que las épocas que se aproximan al 12 de Febrero, al 12 de Mayo, al 12 de Agosto y al 12 de Noviembre presentan todos los años una variación anormal de la temperatura (1).

La accion del Sol produce, pues, en la temperatura del aire segun las horas del dia y segun los meses del año estas variaciones que conocemos por nuestras sensaciones directas y que el termómetro señala de una manera mas

(1) Véase en el Apéndice la nota sobre los Santos de Hielo.

precisa. Esta misma accion solar produce una variacion diurna y una variacion mensual del *barómetro* que importa estudiar aquí, puesto que es una consecuencia de la temperatura.

La Atmósfera sube y baja cada dia dos veces con un compás cuya medida marca el mismo Sol. El barómetro que indica el peso de la masa aérea sube gradualmente desde las 4 á las 10 de la mañana. Esta maréa atmosférica no depende como la del mar de la atraccion de la luna y del Sol, puesto que se verifica todos los dias á la misma hora y no sigue las fases de la luna. Se debe á la dilatacion producida por el calor solar y al aumento del vapor de agua producido tambien por este mismo calor.

Esta variacion barométrica no es grande, porque nunca llega ni siquiera á 3 milímetros.

Hácia el año 1722 se demostraron de una manera cierta las *variaciones diurnas* del barómetro, por las observaciones de un holandés cuyo nombre no se ha conservado. Desde esta época muchos observadores han tratado de determinar su estension y sus periodos en diferentes sitios de la Tierra. A. de Humboldt ha demostrado, por largas séries de observaciones muy exactas, que en el ecuador el máximo de altura corresponde á las 9 de la mañana; pasadas las 9 el barómetro baja hasta las 4 ó hasta las 3 y media de la tarde, sube despues hasta las 11 de la noche en que llega á su segundo máximo y vuelve á bajar hasta las 4 de la mañana. Cada dia, pues, pasa por los dos mínimos de las 4 de la mañana y las 4 de la tarde y por los dos máximos de las 9 de la mañana y de las 11 de la noche. Los movimientos son tan regulares, que se puede por la sola inspeccion del barómetro determinar la hora sobre todo durante el dia, sin temor de equivocarse por término medio en mas de 15 á 17 minutos; son tan permanentes, que ni las tempestades, ni las borrascas, ni las lluvias, ni los temblores de tierra pueden turbarlos; persisten en las regiones cálidas del litoral del Nuevo Mundo, y en las elevadas mesetas á una altura mayor de 4 000 metros donde la temperatura media desciende hasta 7°.

La amplitud de las oscilaciones disminuye á medida que

aumenta la latitud en los mismos límites en que disminuye la temperatura media de un lugar, que es en general tanto mas elevada cuanto mas próximo se halla al ecuador.

En las Antillas, donde M. Ch. Sainte-Claire-Deville ha recogido una de las mas laboriosas series de observaciones, se halla un máximo bien marcado para la oscilacion diurna á lo largo de la costa norte de América que mira el mar de las Antillas. Las estaciones de este litoral dan, por término medio una amplitud de 2^{mm} ,70, amplitud que es menor en todas las demás estaciones, ya estén situadas al Norte, ya al Sur de la region litoral de que se trata.

Ahora bien, las costas septentrionales de Venezuela y de Nueva-Granada son precisamente las que siguen al ecuador termal que se eleva en estos parajes hasta el 12° de latitud boreal, para dirigirse de nuevo hácia el ecuador por ambos lados del continente. El lugar de las oscilaciones máximas del barómetro es, pues, el mismo que el de las temperaturas máximas, y los dos fenómenos siguen una marcha semejante en la zona intertropical americana. Esto se encuentra por lo demás, en perfecta relacion con las causas que influyen en la reparticion de las temperaturas en las diversas horas del día.

Se ha reconocido por las diversas observaciones hechas, que la amplitud de la oscilacion total disminuye á medida que aumenta la altitud. Puede decirse de una manera general que esta amplitud es una funcion de la temperatura media del lugar, y que disminuye con ella no solo cuando varían las coordenadas de longitud y latitud, sino tambien cuando varía la coordenada vertical de la altitud.

«Bien sea que en una misma localidad, dice M. Deville, se busquen los instantes de las presiones extremas diurnas — á los cuales se ha dado el nombre de horas trópicas —, ó los extremos anuales de la amplitud, bien sea que se comparen bajo este doble aspecto dos localidades que difieran entre sí por sus coordenadas geográficas, colocándose en una palabra bajo el punto de vista del tiempo del mismo modo que bajo el punto de vista del espacio, se ve que los diversos elementos de la oscilacion total sufren la influencia constante del calor solar.»

Hé aquí las proporciones en que la oscilacion diurna del barómetro varía con la latitud.

Lugares.	Latitud.	Altura media.	Oscilacion diurna.
Lima.	12°, 3' S.	741,72	2 ^{mm} ,71
Caracas.	10,31 N.	681,93	2,17
Payta.	5,6 S.	737,96	2,08
Santa Fe de Bogota.	4,36 N.	759,90	2,01
Ibague.	4,28	658,70	1,92
Calcuta.	22,35	758,86	1,84
Cumana.	10,28	756,15	1,78
Rio Janeiro.	22,54 S.	764,95	1,70
Méjico.	19,26 N.	583,13	1,59
El Cairo (1).	30,2	737,28	1,54
Roma.	41,54	761,24	1,00
Basilea.	47,34	738,79	0,85
Bruselas.	50,50	757,6	0,80
Paris.	48,50	753,82	0,72
Francfort.	50,8	752,47	0,55
Dresde.	51,7	744,42	0,47
Berlin.	52,33	758,63	0,34
Cracovia.	50,4	742,38	0,30
Edimburgo.	55,55	746,90	0,21
Koenigsberg.	54,52	760,88	0,19
San Petersburgo.	59,56	759,31	0,13

La última columna de este cuadrilo, demuestra que llegando al 60° de latitud, la oscilacion barométrica diurna se hace casi nula.

En nuestros climas estas variaciones horarias se alteran de tal modo por las variaciones accidentales, que era necesario para descubrirlas y para medirlas toda la sagacidad y toda la precision de un observador infatigable. Solamente por los términos medios de muchos años de observaciones hechas con exactitud y á las horas convenientes, han podido encontrarse los períodos horarios. A esto es á lo que se ha dedicado Ramond. Ha reconocido que sus épocas varían con las estaciones: en invierno el máximo está á las 9 de la mañana, el mínimo á las 3 de la tarde y el segundo

(1) Madrid. 40,24 N. 706,87 2,59
(N. del T.)

máximo á las 9 de la noche. En verano el máximo se observa antes de las 8 de la mañana, el mínimo á las 4 de la tarde y el segundo máximo á las 11 de la noche.

Hé aquí la variación atmosférica diurna y mensual debida á la dilatación del aire por el calor solar, representada por los términos medios barométricos del Observatorio de París.

	ALTURAS MEDIAS DEL BARÓMETRO REDUCIDAS A LA TEMPERATURA DE 0°.			
	A las 9 de la mañana.	Al medio día.	A las 5 de la tarde.	A las 9 de la noche.
Enero.	757°,22	757°,16	756°,52	756°,88
Febrero.	756,86	756,43	756,06	756,43
Marzo.	756,22	755,97	755,38	755,92
Abril.	754,49	754,09	753,80	754,20
Mayo.	753,31	755,05	754,54	753,02
Junio.	756,57	755,31	755,85	756,21
Julio.	756,55	756,20	756,01	756,30
Agosto.	756,41	755,05	755,60	756,07
Setiembre.. . . .	756,22	755,93	755,41	755,93
Octubre.	755,74	755,51	755,00	755,50
Noviembre.	755,33	755,05	754,63	755,07
Diciembre.. . . .	757,31	756,81	756,78	757,19
Media del año.	756,186	755,880	755,466	755,893

Este cuadro presenta el máximo de la mañana, con una amplitud media de $756,186 - 755,466 = 0^{\text{mm}},72$ sobre el mínimo de medio día. Manifiesta además que no solo hay una variación *diurna* en el barómetro, sino también una variación *mensual*. Este es un hecho análogo al primero, pero que se desarrolla en mayor esfera. El azogue baja gradualmente de enero á abril, sube un poco hasta julio, vuelve á bajar otro poco hácia noviembre, y sube de nuevo en diciembre y enero. Esta marcha del barómetro casi en razón inversa del termómetro, se manifiesta mucho más marcadamente en las regiones tropicales, como demuestran con

claridad las curvas que ha trazado en las Antillas M. Saint-Claire-Deville. La amplitud de la oscilacion mensual es por término medio de $757,16 - 754,09 = 3^{\text{mm}},07$ entre enero y abril para las observaciones de medio dia. Cuanto mas se aproxima á los trópicos es mas considerable; en Calcuta mis compañeros del Instituto de aquella ciudad me envian el número de 17 milímetros como espresion de la oscilacion entre enero y julio; (curvas de una série de diez años). En Benarés es de 15 milímetros.

La série de observaciones del Observatorio de Bruselas, que me envia M. Quetelet, y que es la mas estensa y la mejor que se ha hecho hasta el dia, demuestra por su resultado de 30 años, que en nuestros climas las variaciones diurnas y mensuales se manifiestan muy claramente. Comparándolas se vé que los máximos diurnos de temperatura se mantienen bastante bien durante todo el curso del año hácia las 10 de la mañana y hácia las 10 de la noche. En cuanto á los mínimos su distancia es mayor en verano que en invierno. Estos dos términos se separan sucesivamente uno de otro cuando se aproximan los meses de verano. Durante los dias mas cortos (Diciembre, Enero y Febrero) los mínimos no distan entre sí mas que 8 horas; se observan á las 6 de la mañana y á las 2 de la tarde; durante los otros meses se separan mas y luego vuelven á aproximarse.

Si por los puntos que indican los dos máximos y los dos mínimos de cada mes del año se hacen pasar cuatro curvas, estas se aproximarán mas á la línea del medio dia en Enero y en Diciembre, y se separarán mas en Junio. Presentan poco mas ó menos las mismas inflexiones que las líneas que indican el principio y el fin del dia durante las cuatro estaciones.

El primer mínimo varía mas de dos horas: en Junio se verifica 8 horas y media antes de medio dia; en Diciembre solo 6 horas y 22 minutos antes.

La variacion del primer máximo es tambien sensible: este término estremo se verifica á las 10 y 50 minutos de la mañana en Febrero y á las 8 y 40 minutos en Junio. Sin embargo, existen causas estrañas que pueden influir en las épocas de estos términos estremos.

La época del segundo mínimo varía entre límites mas amplos aun. Se presenta á las 2 y 15 minutos de la tarde en Enero, y á las 5 y 30 minutos en Junio: este intervalo es de tres horas y cuarto.

Los límites entre los cuales varía la época barométrica, son para el primer máximo y para el primer mínimo de unas dos horas. El espacio de tiempo que transcurre entre el primer máximo y el segundo mínimo merece una atención especial; estos dos límites no distan mas que cuatro horas en invierno, y están á 8 horas y 50 minutos de intervalo en Junio; es decir, que transcurre en este mes mas de doble tiempo entre uno y otro.

La fórmula demuestra que la variacion diurna total se compone de la combinacion de *dos ondas*: una casi nula que en el espacio de 24 horas tiene un máximo y un mínimo de 0^{mm},03 solamente; y la otra muy sensible que tiene dos máximos y dos mínimos de 0^{mm},25.

Estas son las variaciones regulares del barómetro debidas á la accion diurna y anual del calor solar; pero estas son las mas pequeñas. La Atmósfera está constantemente en movimiento bajo la influencia de fuerzas que adquieren mayor intensidad aunque tengan el mismo origen. Las variaciones singulares se verifican con una amplitud mucho mas considerable. Esta amplitud aumenta del Ecuador á los polos. Mientras que las diferencias estremas del barómetro no esceden por término medio de algunos milímetros en las regiones ecuatoriales—á escepcion de los huracanes de que se hablará mas adelante—llegan á 50 y 60 milímetros en nuestras latitudes.

Las variaciones mas fuertes del barómetro se presentan en invierno, y las mas débiles en verano.

Por lo demás, en todas las épocas del año acusa el barómetro mayor altura durante los mínimos que durante los máximos de temperatura.

En los meses de otoño y de invierno es cuando la influencia de la temperatura se hace mas sensible en la altura del barómetro. En la primavera es menos apreciable y se encuentra disfrazada en gran parte por otras causas mas activas.

La Atmósfera no se pone toda ella en movimiento por estas variaciones de temperatura inferiores. Ocasionadas por la mayor ó menor duracion de las estaciones, por las diferencias de temperatura y por la longitud desigual de los dias, producen ciertamente una agitacion de la Atmósfera que se eleva á mayor altura en verano que en invierno; pero de todos modos, en la primera estacion apenas se elevan á mas de seis ú ocho leguas, y en la segunda á la mitad de esta altura. La parte mas alta del aire está relativamente inmóvil. Por el contrario, las *mareas* atmosféricas debidas á la atraccion del Sol y de la Luna, que apenas son sensibles en nuestra profunda superficie deben marcarse mas en las grandes alturas que las oscilaciones debidas al calor.

Mas adelante veremos las variaciones atmosféricas que se deben á los vientos, las tempestades, las tormentas, y que caracterizan los cambios de tiempo.

Lleguemos ahora á las estaciones consideradas en sí mismas. Y ante todo saludemos á la obra del Sol; á la primavera y al verano.

CAPITULO V.

LA PRIMAVERA: EL VERANO.—LA VIDA VEGETAL Y ANIMAL.—
GRADOS DE CALOR NECESARIOS Á LAS DIVERSAS PLANTAS.—
LOS CEREALES; EL TRIGO; LA COSECHA.—LA VIÑA; LA
VENDIMIA.

Veranos memorables.—Temperaturas máximas observadas.

Acabamos de apreciar el mecanismo de las estaciones y las variaciones mensuales de la temperatura ocasionadas por el transporte oblicuo de nuestro planeta alrededor del foco solar. Las cifras que hemos marcado nos miden exactamente la accion calorífica del Sol sobre la superficie terrestre que habitamos. Pero esta es solo una causa; y los efectos que produce son los mas interesantes para nosotros. Si la Tierra fuese un globo de mármol ó de cualquiera otra piedra, poco nos importaria medir las variaciones barométricas que podria experimentar en el transcurso del año. Pero está rodeada de un fluido aéreo agitado continuamente por la fuerza calorífica que desciende sin cesar del enorme astro; de un Océano líquido cuya superficie se eleva á la Atmósfera en forma de vapores mas ó menos condensados, de un tapiz de plantas que constituyen á la vez el alimento del reino animal y el adorno del planeta, y estas plantas que forman unas veces inmensas praderas de magníficos pastos desarrollan otras en las llanuras los surcos de oro de nuestro pan cotidiano, ó sombrean las cálidas

laderas con las vides de pesados racimos. Estas plantas son para nosotros el mayor termómetro de la acción vital del astro generador. Estas plantas que nos manifiestan la interesante marcha de las estaciones en nuestro planeta, son las que deben ocuparnos ahora, porque al desarrollo de la vida está destinado todo el mecanismo astronómico y meteorológico que acabamos de estudiar.

Trasladémonos primero al sepulcro del invierno, y así sabremos apreciar mejor el esplendor de la resurrección. Nivoso, Pluvioso y Ventoso, (1) han velado el cielo con su sombrío manto, y extendido sobre la tierra el sudario helado de las nieves y de las escarchas: la muerte y la inmovilidad reinan en los tristes días de Febrero, sin Sol y casi sin luz: un cielo de plomo pesa sobre nuestras cabezas, la naturaleza está muda, los esqueletos de los árboles permanecen silenciosamente inmóviles sobre la nevada llanura, y el arroyo que susurraba á sus piés se detiene, helado por un aliento letárgico..... Pero hé aquí la primavera; ¡la risueña y luciente sílfide, precursora del verano! Germinal, Floreal, Pradial aparecen con sus palpitantes alas, tejidas con los rayos del Sol, y dirigen al astro refulgente las armónicas notas que espresan su alegría. ¡El velo de la Atmósfera se rasga y se desvanece; al viento helado del invierno, suceden los céfiros y las brisas; el arroyo recobra su interrumpida marcha, la nieve se funde y la verde pradera brilla de nuevo acariciada por la primavera! Este es el mes de

(1) Los republicanos franceses de 1789 en su afán de cambiarlo todo, mudaron el modo de contar los meses del año y les dieron nuevos nombres que se referían á las propiedades meteorológicas de cada uno de ellos. A partir del 22 de Setiembre contaban tres meses del otoño, que llamaban *Vendimiarío*, *Brumario* y *Frimario*: otros tres de invierno que recibían los nombres de *Nivoso*, *Pluvioso* y *Ventoso*: otros tres de primavera que designaban con los epítetos de *Germinal*, *Floreal* y *Pradial*; y otros tres de verano llamados *Mesidor*, *Termidor* y *Fructidor*. Esta división, como se vé fácilmente, dejaba las estaciones en el mismo estado que tenían antes, si bien para cada una de ellas había tres meses completos en lugar de haber como ahora dos enteros y parte de otros dos. Esta circunstancia, al par que la de armonizar los nombres con el objeto acerca del cual escribe, han determinado sin duda á Flammarion á usar de ellos.

las rosas y de los perfumes, de las avecillas y de las canciones. Rejuvenecida la naturaleza, despierta de su sueño letal; los gérmenes de las plantas sienten inflamarse su corazón, subir su sávia por los tallos hácia la luz; nacer sus hojas, abrirse sus yemas; y las flores segregan manantiales de perfumes, que el soplo de aquellos hermosos días elevará hasta los cielos.

Como imágen y símbolo de la primavera, de la vida que renace y se multiplica, miremos un momento al pajarillo, á este divino habitante del aire, en quien parece reconcentrada toda la ternura de la naturaleza, y que por muchos motivos podría servir frecuentemente de modelo á la pretenciosa humanidad.

En el fondo del bosque, cuyo silencio apenas turba el susurro del parlero arroyuelo, cuando se filtran por entre las ramas los dulces rayos del Sol de Mayo, dos pajarillos cantan y se hablan. ¿Qué se dicen en su dulce lenguaje? Sus corazones palpitan con tanta fuerza, que podríamos desde lejos oír sus latidos. ¿Qué sér mas á propósito para abandonarse sin reserva á la ardiente llama, que es su vida entera, que el pajarillo de los bosques, cuyo corazón es casi tan grande como su cuerpo, y que no vive en la pureza del cielo mas que para amar y cantar?

Nuestros padres miraban en el huevo el símbolo de la cuna del mundo y de la formación del universo. Aun vemos nosotros reflejarse en él, por decirlo así, todo el cuadro de la naturaleza. Ya no es el Sol lo que contemplamos, ni sus rayos directos los que medimos numéricamente; es su transformación en vida. ¡Este huevo, inerte en apariencia, piedra dura para nuestras manos y nuestros ojos, es la esperanza de una madre, ayer todavía risueña, indolente y trivial, hoy prudente, reflexiva y sufrida hasta la abnegación absoluta, que se condena, durante muchos días y muchas noches, á permanecer inmóvil sobre aquel objeto que templá con su calor y con su amor inconsciente! Y hé aquí que se manifiesta *la vida* bajo aquella cáscara; y estremecimientos en el huevo responden á la ansiedad de la avecilla, y despues, el mismo hijo misterioso del calor es el que rompe con su pico la prision que le

encierra, y sale de su encierro al aire, á la vida, á la libertad.....

La correspondencia que se manifiesta entre las funciones de la vida orgánica en los reinos vegetal y animal, y el aumento del calor solar es tan absoluto, que ciertas escuelas filosóficas de la antigüedad y de los tiempos modernos no han visto en la vida mas que un efecto de las fuerzas ciegas de la naturaleza.

Los hombres que habian admitido estas ideas incompletas, no habian reflexionado que existen en el universo tres mundos esencialmente distintos: el mundo del pensamiento, el mundo de las fuerzas y el mundo de la materia. El pensamiento, la inteligencia, las facultades espirituales, que no tienen nada de comun con las fuerzas ni con la materia, no pueden ser el producto de cosas que tienen menos poder que ellas. Las fuerzas, como el calor, la luz, la electricidad, la atraccion, no son tampoco propiedades de la materia, porque es fácil probar que la materia *está gobernada matemáticamente* por ellas, y bajo su dependencia. (1) Los fenómenos de la naturaleza, tales como se manifiestan en la renovacion anual de parte de la vida terrestre durante la primavera, por ejemplo, nos ponen de manifiesto estos tres órdenes de entidades: el *pensamiento*, en la organizacion general del sistema; la *fuerza*, en la ejecucion de las obras de la naturaleza; y la *materia*, en los átomos inertes que, dirigidos por el pensamiento con el intermedio de la fuerza, conservan en este planeta la suma de existencias que le ha sido confiada para desarrollarla progresivamente.

El plan de la naturaleza se revela en los actos instintivos del pajarillo de la selva, lo mismo que en los movimientos de los astros que recorren la inmensidad. Y en el primer caso tenemos además el comienzo del pensamiento individual, que se manifiesta en el espíritu de aquel pequeño sér que vive y piensa. Los pajarillos acaban de nacer, con gran sorpresa tal vez de la misma madre que los estaba abrigando; pero es preciso alimentarlos y criarlos.

(1) Véase nuestra obra *Dios en la naturaleza*.

Apenas han nacido, ya tienen hambre y gritan; es necesario cazar y traer cuidadosamente al nido, uno á uno, cada trocito que se coge con el pico. El nido se construye para evitar el Sol, el viento fuerte, la lluvia. ¡Cuántos cuidados! ¡Qué trabajo tan incesante! Y cuando el cuerpo ya no tiene hambre, hay que ocuparse del espíritu. El corazón será siempre ardiente y desinteresado; pero ¿y la imaginación? La crianza de un pájaro no es una cosa cualquiera. Librarle de los malos, y aun de los buenos — porque en este planeta las apariencias engañan — ocultarse á la vista del ave de rapiña, lo mismo que á la vista del cazador, esto es difícil; y no lo es menos el aprendizaje del vuelo; el aprender á volar siendo «mas pesado que el aire,» en el aire mismo; y hay que saber con el primer aletazo hacer mas que el aeronauta, juguete del viento; que el astrónomo, que no sabe orientarse sin las estrellas, y que el marino, cuya brújula es menos segura que el instinto del pajarillo, que le hace volar hácia la Atmósfera tranquila.

¿Existe en toda la naturaleza un cuadro mas maravilloso y mas instructivo que el de la primavera? ¡Qué contraste entre los frios del invierno y la tibia radiación del nuevo Sol; entre el rígido y helado cadáver, y la risueña resurrección de una juventud que siempre se renueva! En las montañas de Suiza, en la vertiente de los Alpes, en frente de aquellos lagos silenciosos es donde la vista humana comprende mas vivamente esta profunda transformación, debida á la inclinación del eje terrestre relativamente al astro del día.

Durante el frío invierno, las regiones de las nieves están inaccesibles. Pero tan luego como llega la primavera, un hálito que viene del Mediodía funde la pálida corona de las elevadas cumbres, y todo cambia, todo se anima en la montaña; la vida, paralizada durante siete meses, parece que quiere recuperar el tiempo perdido. La yerba nace abundantemente, los flores se abren con una prodigalidad encantadora, que maravilla al paseante. El fabuloso Eden no hubiera podido tener mas frescas praderas, ni yerbas mas apretadas, ni dibujos mas elegantes, ni corolas mas suntuosas. Los rebaños, cautivos largo tiempo, salen de los

establos y de los rediles; los pastores los conducen á las embalsamadas praderas, donde encontrarán en lo sucesivo succulentos festines. Los pájaros cantan, las ventanas se abren y las palabras de Goethe, cuando Fausto describe el «paseo fuera de las murallas» se presentan á la imaginación. «Fuera de las oscuras y macizas puertas se agolpa una multitud abigarrada. Cada uno se calienta hoy de buena gana á los rayos del Sol. Todos celebran la resurrección del Señor, y ellos mismos aparecen resucitados, escapados á las sombrías habitaciones de sus mezquinas viviendas, á los lazos de sus oficios y de sus viles tráficos, á las techumbres y á los suelos que los abruman, á sus calles súcias y ahogadas, á las misteriosas tinieblas de sus templos; todos ellos renacen á la luz.....»

En el reino vegetal es en el que se manifiesta de preferencia la obra del calor solar: así es que sobre este gran libro de la naturaleza terrestre es donde mejor podemos leer la progresión de la influencia solar durante la primavera y el estío. Aunque el tubo inanimado del termómetro sea un excelente medio de medida, es conveniente siempre completar sus indicaciones por el exámen de la escala, mucho mas estensa de la vegetación. La meteorología no llegará á adquirir verdaderamente el título de ciencia hasta el dia en que, por el estudio lento y calmoso de los hechos, podamos abrazar de una sola ojeada la acción anual del Sol sobre nuestro suelo y todos sus efectos en la naturaleza. Nuestro ilustrado corresponsal Ad. Quetelet, cuyos trabajos hemos citado ya algunas veces en esta obra, porque es uno de los principales promovedores de la meteorología, es el primero de todos los astrónomos que ha concebido un plan vasto y fecundo de estudios bajo este punto de vista. Hace mas de 30 años que indicó y comenzó por sí mismo en el Observatorio de Bruselas una série de observaciones de los *fenómenos periódicos* que, en el reino vegetal particularmente, indican mas claramente el estado de la temperatura.

Mientras la Tierra recorre su órbita anual, se desarrollan en su superficie una série de fenómenos, que el retorno periódico de las estaciones vuelve á traer con regularidad

y en el mismo orden. Estos fenómenos tomados individualmente han ocupado á los observadores de todos tiempos; pero, por regla general, se ha descuidado estudiarlos en su conjunto, y no se ha tratado de buscar las leyes de dependencia y de correlacion que existen entre ellos. Las fases de la existencia del mas insignificante pulgon, del mas mezquino insecto están unidas á la existencia de la planta que le alimenta; esta misma planta, en su desarrollo sucesivo, es en cierto modo el producto de todas las modificaciones anteriores del suelo y de la Atmósfera. Seria un estudio muy interesante el que abarcara á la vez todos estos fenómenos periódicos, ya *diurnos*, ya *anuales*, y formaria por sí solo una ciencia tan vasta como instructiva.

Linneo, que fué el primero en comprender todo el partido que podia sacarse de la meteorología aplicada al reino vegetal, habia indicado cuatro términos de observaciones, á saber; la foliacion, la florescencia, la fructificacion y la defoliacion ó caída de la hoja. El mas importante de estos cuatro datos es la florescencia.

La mayor importancia de esta clase de observaciones estribaria en su simultaneidad en un gran número de puntos. Una sola planta, estudiada con cuidado nos suministraría ya datos muy importantes. Se podrian trazar en la superficie del globo líneas sinerónicas para su foliacion, su florescencia, su fructificacion, etc. La lila, por ejemplo, florece en las cercanías de París hácia el 26 de Abril; se pueden concebir en la superficie de Europa varias líneas, en las cuales la florescencia se adelanta ó se retarda 10, 20 ó 30 dias. ¿Estarán equidistantes estas líneas? ¿Tendrán relacion con las líneas relativas á la foliacion ó á otras fases bien pronunciadas en el desarrollo del individuo? Se concibe, por ejemplo, que mientras la lila empieza á florecer en París existe aun una série de lugares hácia el Norte, donde este arbusto está echando la hoja; ahora bien: la línea que pasa por estos lugares, ¿tiene relacion con la línea isantésica (1) que corresponde á la misma época? Se puede

(1) De la misma florescencia.

preguntar aun si los lugares en que la foliacion se verifica el mismo dia tendrán tambien en dias iguales la florescencia y la fructificacion. Se vé, pues, aun deteniéndose en los datos mas sencillos, cuántas curiosas relaciones podrian deducirse de un sistema de observaciones simultáneas, establecido en gran escala. Los fenómenos relativos al reino animal, sobre todo los que se refieren á las emigraciones de las aves viajeras, nos ofrecerian resultados no menos notables.

La meteorología, á pesar de sus perseverantes trabajos, no ha podido reconocer hasta hoy mas que el estado medio de los diferentes elementos científicos relativos á la Atmósfera, y los límites entre los cuales pueden variar estos elementos, con motivo de los climas y de las estaciones. Es necesario que continúe su marcha paralelamente con el estudio que trata de hacer, y que para dirigir nuestros juicios sobre los resultados que se observan, nos indique en cada momento si las influencias atmosféricas están en su estado normal, ó si presentan anomalías.

Todo ser orgánico animal ó planta, tiene esencialmente necesidad de aire atmosférico, tanto para desarrollarse, cuanto para conservar su vida; su desarrollo, el ejercicio de sus funciones y de sus costumbres se detiene ó se modifica por las modificaciones de este mismo aire atmosférico. Por esto se observa que ciertas enfermedades epidémicas ó endémicas reinan en ciertas estaciones y en ciertos años: que la prole de la fiebre comun no se desarrolla siempre del mismo modo; que muchos roedores pululan un año con gran abundancia en una localidad, mientras que al año siguiente apenas se encuentra el número normal. El ciervo y el corzo pierden sus astas en una época que no es invariablemente la misma todos los años. Para citar aun algunos ejemplos, tan fáciles de comprender como estos, ¿no se vé á las perdices criar con un éxito muy distinto sus polluelos en un año que en otro? La golondrina, el vencejo, el ruiseñor ¿no llegan á nuestros climas y emigran de ellos en una época mas ó menos avanzada del año? ¿No nos asusta á veces el número de orugas y de langostas que hay en nuestras plantaciones?

El grado de conexión que existe entre los animales, las plantas y el aire atmosférico debe observarse; observaciones concienzudas y continuas deben indicar la influencia que los séres experimentan en virtud del medio en que viven.

En el reino animal, la época del celo, la del nacimiento, la de la muda, la de las emigraciones, la del adormecimiento y del despertar, la de la aparición, la escasez ó la abundancia notable de una especie son puntos que deben observarse é indicarse con exactitud, al mismo tiempo que las observaciones meteorológicas.

La zoología y la botánica debieran ser las primeras ciencias interrogadas, á fin de que en cada año pudiera asegurarse hasta qué punto las variaciones en la constitucion meteorológica pueden anticipar ó retardar la aparición de ciertos animales, ó la foliacion y la florescencia de ciertas plantas.

Hemos visto antes que en la misma humanidad, la influencia de las estaciones se manifiesta en los nacimientos, en los matrimonios, en las defunciones, en las enfermedades, en todo aquello que se refiere al físico del hombre y hasta en sus cualidades morales é intelectuales. Las enagenaciones mentales, los crímenes, los suicidios, los trabajos, las relaciones comerciales, etc., están muy lejos de ser numéricamente los mismos en las diversas épocas del año. Este es un fértil é inmenso campo de investigaciones.

Todos los meteorologistas han comprendido la importancia de este programa; y á consecuencia de ello, los establecimientos recientemente organizados para el estudio de los movimientos de la Atmósfera han inscrito en el número de las observaciones permanentes que deben hacerse las de los fenómenos periódicos de la vida vegetal y animal. El nuevo observatorio meteorológico francés anota estas indicaciones desde este año (1871). La época de la foliacion y florescencia de las principales plantas cultivadas se inscribirá en lo sucesivo oficialmente en su boletín periódico. Este ramo de las observaciones será sin duda alguna uno de los mas útiles en el conocimiento de las relaciones que existen entre la Atmósfera y la vida terrestre.

Tres épocas principales caracterizan en nuestros países la obra de las estaciones en la vida práctica; estos tres grandes hechos de la vida agrícola: la siega del heno, la cosecha del grano y la vendimia. La siega de los prados, la recolección del heno, en Junio — se vuelve á verificar en Setiembre —; la recolección de grano en fin de Julio; y la vendimia en Setiembre y Octubre. Estas son las fiestas de Flora, de Cérés y de Baco.

La mas importante sin duda es la de Cérés «Sine Cerere et Baccho, Venus friget.» (Sin Cérés y Baco, se hiela Vénus) decia el buen sentido práctico de los antiguos. No es, pues, de pequeño interés para nosotros penetrar el misterio de la germinación y de la fructificación del grano de trigo confiado al seno maternal de la Tierra, y que produce en el verano las gavillas, tan largo tiempo esperadas por el agricultor.

La recolección es la época mas solemne del año en nuestras campiñas; en ella, es decir, en una débil espiga, en una gota de lluvia, en un rayo de Sol, se cifra toda la esperanza del agricultor, y ella compensa todo el largo y rudo trabajo del cultivo. Así es que, no obstante el calor abrasador, no obstante la sed, no obstante la fatiga, no hay trabajo que se lleve á cabo con mayor ardor, ni con mas ahinco. Desde la aurora, los grupos de segadores atacan el apiñado ejército de las espigas, que hace un mes se balancean como un campo de moaré de oro bajo el soplo del viento, y que mañana estarán tendidas en el suelo en que crecieron. El Sol seca los rastrojos, y muy pronto se vuelven á ver de pié las espigas formando robustos haces. El grano de estos haces, caerá en la tolva del molino, y la harina desleida en agua nos dará el pan cotidiano, la base de toda nuestra alimentación. Todo este gran trabajo, desde el principio de la sementera hasta el pan de nuestras mesas, lo ha producido el Sol, porque él ha producido la temperatura necesaria para la germinación, y ha formado las nieblas del otoño, las nieves del invierno, las lluvias de la primavera; él es quien hace elevarse los cereales hácia la luz; él quien almacena sus rayos en la espiga, fijando en ella el nitrógeno y originando el azúcar; él quien hace

mover el molino, y él también quien calienta el horno del panadero, porque la leña que quemamos no es otra cosa que carbono fijado en la encina, en el haya, en el ojaranzo y en la misma hulla por el grandioso é infatigable dios del día.

El calor, este agente sutil y misterioso que se hace sentir en la materia mas pesada lo mismo que en la mas ligera, pero cuya accion mecánica sobre nuestros sentidos es tan inesplicable como la eléctrica, ó como la emocion que nos produce una mirada ó una palabra, el calor es el agente de todas estas maravillas, cuyos mejores frutos recoge el hombre bajo el Sol de *Mesidor*.

Pero aun se eclipsa la alegría de las cosechas de grano con la que producen las vendimias. Los grandes calores han pasado, y las puestas del Sol son mas hermosas. El vientecillo de la tarde refresca las colinas, y los perfumes de los valles se elevan y llenan el espacio. En la ladera en donde acaba de hacerse la vendimia, se aspiran con toda la fuerza de los pulmones las tibias emanaciones de oxígeno que llevan los primeros vientos del otoño; la noche baja en silencio, y los ruidos crepusculares de los insectos se dejan oír en las praderas que guarnecen el arroyuelo del valle, mientras que en lontananza se encienden las luces de la ciudad, porque ya estamos en Octubre. Al trabajo sucede la calma; la paz profunda y tranquila á la agitacion de los días largos.

La personalidad del espíritu entregada á las investigaciones del pensamiento, encuentra su pasto en la contemplacion de la naturaleza ó se adormece por un instante, tomando parte en la aparente soñolencia de las familias patriarcales.

Todos estos frutos se deben al Sol. Analicemos un momento su fecunda obra.

Se sabe que las sementeras de cereales se hacen en otoño, y generalmente á fines de Octubre, cuando las lluvias no han impedido la labor. El grano enterrado en el suelo germina al cabo de algunos días, y desde el principio de Noviembre los surcos están cubiertos de los verdes tallos de la cebada. Llega el invierno, y el grano resiste á frios

de 12, 15 y 20° cuando el campo está cubierto de nieve: sin esta cubierta, frios menos rigurosos hielan el cuello de las raíces y los tallos, y aun cuando se haya sembrado muy espeso, las espigas están luego muy claras, y la cosecha se reduce á la tercera parte. La resistencia á un invierno riguroso es una prueba decisiva cuando se trata de introducir una nueva variedad de trigo en un país.

Para crecer y fructificar en la primavera, necesita toda planta cierta cantidad de calor y de humedad: debe absorber tantos milímetros cúbicos de agua y tantos grados de calórico. Por esta razón, cuando se conoce por una parte el tiempo transcurrido desde su nacimiento hasta su madurez, y por otra la temperatura media que ha reinado entre estas dos épocas, se vé, comparando la misma planta colocada en diferentes climas, que el número de días que hay entre el principio y el fin de la vegetación es tanto mayor, cuanto menos elevada ha sido esta temperatura: de modo que multiplicando los días por la temperatura, se obtienen números próximamente iguales.

Para el trigo, la duración del cultivo es de 160 días en la latitud de París y la temperatura media durante este período de 13°4: el producto de la temperatura por los días es de 2 144 grados.

En Turmero (América) la duración es de 92 días solamente; la temperatura media es de 24°, lo cual da 2 200°. En Zimijaca (Id. Boussingault) la duración es de 147 días y la temperatura media de 14°7, lo que da 2 160°. Se vé, pues, que el trigo necesita mas de 2 000° para madurar.

La cebada necesita menos. Las tres series de cifras procedentes, son :

	Días.	Temperatura media.	Total.
En Baviera. . . .	100	17°2	1730°
Alsacia.	92	19,1	1757
Alais.	137	13,1	1794
Bogota (América)	122	14,7	1793
Cumbal —	168	10,7	1797

Son, por lo tanto, 1 750 á 1 800° los que necesita la cebada para madurarse.

El maíz ó trigo de Turquía es mas exigente que el trigo: necesita de 2 600 á 2 900°.

Las patatas necesitan mas aun: 2 800 á 3 000. Se plantan á 10 ó 12°, y no se recogen hasta despues que han pasado los fuertes calores de Julio y Agosto.

La vid necesita 2 900° acumulados á partir de 10, como límite inferior.

La palmera necesita un calor total de 5 000° para que maduren sus dátiles.

Todos los vegetales, aun cuando puedan vivir en un clima constante, no fructifican en él, y necesitan para hacerlo un calor mas elevado, que simplemente para asimilarse los principios esparcidos en el suelo y en la Atmósfera. Las condiciones meteorológicas indispensables para la reproduccion, son realmente las que caracterizan el clima conveniente para una planta. La viña, por ejemplo, vegeta con vigor en puntos en que las uvas no maduran jamás: para esperar un vino que pueda beberse, hacen falta, no solo cerca de 3 000° de calor, sino tambien que al período de formacion de los racimos, siga otro de 30 ó 40 dias, en que la temperatura no baje de 19°.

Las recolecciones no deben hacerse en el mismo grado de madurez en toda clase de cultivos. He observado que el trigo se corta demasiado tarde, y la uva demasiado pronto —hablo de los departamentos del E. de Francia—, de lo cual resulta la pérdida de muchos granos de trigo, que se desgranar, y la fabricacion de vinos demasiado verdes. Las espigas contiúan madurando muchos dias despues de la cosecha, y no se correria ningun riesgo en hacer la siega ocho dias antes de la completa madurez — á no ser cuando se va á recoger simiente—. El vino se hace al dia siguiente de la vendimia, y no se correria ningun riesgo, por el contrario, en retardarla hasta la proximidad de los hielos, de las nieves ó del mal tiempo. Me refiero particularmente al Norte de la Borgoña y al departamento del Alto-Marne, cuya isoterma de verano es de 19° y la isoterma anual de 11.

Estudiando la distribucion de los diversos cultivos en las llanuras y en las vertientes de las montañas, se recono-

ce pronto que sus límites no están indicados solamente por las temperaturas medias anuales. Así, para que la vid produzca vino potable, no basta que el calor medio del año sea mayor de $9^{\circ} \frac{1}{2}$; es necesario que la temperatura del invierno sea mayor de $0^{\circ} 5$, y que la siga una temperatura media de 18° por lo menos durante el verano. En el valle del Garona, en Burdeos (lat. $44^{\circ} 50'$) las temperaturas medias del año, del invierno, del verano y del otoño son respectivamente: $13^{\circ} 8$; $6^{\circ} 2$; $21^{\circ} 7$; $14^{\circ} 4$. En las llanuras del litoral del mar Báltico (lat. $52^{\circ} 30'$) en que el vino ya no puede beberse (y se bebe sin embargo) estos números son: $8^{\circ} 6$; $-0^{\circ} 7$; $17^{\circ} 6$; $8^{\circ} 6$.

Ciertamente debe existir una oposicion bien definida entre dos climas, uno de los cuales es eminentemente favorable á la cultura de la vid, mientras que el otro llega al límite en que este cultivo no puede hacerse, y parece á primera vista sorprendente que las indicaciones termométricas no indiquen con mas claridad esta diferencia. Pero el asombro será menor si se considera que un termómetro colocado á la sombra, y completamente ó casi completamente al abrigo de los efectos de la insolacion directa ó de la radiacion nocturna, no puede indicar la temperatura del suelo expuesto á todas estas influencias, ni las variaciones periódicas que afectan á esta temperatura de una estacion á otra.

No es solamente el calor el que obra sobre los vegetales: obra tambien la luz directamente recibida del Sol. «Si la viña, para dar un vino potable, dice Humboldt, huye de las islas y de casi todas las costas, aun las costas occidentales, no es solamente por efecto de la baja temperatura que hay en verano en los litorales; la razon de estos fenómenos no está en las indicaciones dadas por nuestros termómetros, cuando están colgados á la sombra, sino en otra parte. Es necesario buscarla en la influencia de la luz directa que apenas se ha tenido en cuenta hasta ahora, á pesar de que se manifiesta en una porcion de fenómenos, por ejemplo, de la inflamacion de una mezcla de hidrógeno y de cloro. Existe, en este concepto, una diferencia capital entre la luz difusa y la luz directa, entre la luz que ha atravesado un cielo sereno, y la que ha sido debilitada y dis-

persada en todos sentidos por un cielo nebuloso.» (*Cosmos* I, pág. 338.)

Dentro de poco veremos en el capítulo VII cómo se distribuye la influencia solar en la superficie de la Tierra; veremos que las líneas de igual temperatura no siguen exactamente los círculos de latitud; que á iguales distancias del ecuador, unos países son mas privilegiados que otros, bajo el punto de vista de los climas y de las producciones del suelo. Veremos tambien en el capítulo VIII los efectos de los climas en la geografía botánica y la variación de las especies vegetales naturales, de los árboles y de las plantas, según la disminución de la temperatura, ya se marche del ecuador á los polos, ya se suba del pie á la cima de una alta montaña. En cuanto al punto á que nos referimos en este momento, á los cultivos de que ha sabido el hombre hacer la base de su alimentación, gracias al calor solar, veamos sumariamente cómo este mismo calor ha distribuido las especies cultivadas en la superficie del globo.

En Europa el cultivo de los *cereales* no se eleva mas que hasta el grado 70 en la península escandinava, y este es el único punto del globo en que se encuentran á esta altura: por todas partes el cultivo está muy lejos de llegar á este límite.

En el Asia septentrional disminuye, yendo del O. al E.; mientras que en la parte occidental se encuentran á 60°; en la oriental no pasan de los 51°.

En la América del Norte se cultivan al O. hasta el grado 56, y en las costas orientales apenas mas arriba del 51.

No son tampoco todos los cereales los que crecen en esas altas latitudes. La única especie gramínea alimenticia que se da en estos helados climas es la *cebada*, que sirve de alimento al hombre en todas las regiones septentrionales.

La *avena*, que entra tambien por una parte importante en la alimentación humana, no prevalece en estas altas latitudes; es necesario, para encontrar su cultivo regularmente esparcido, bajar algunos grados mas abajo; y en las localidades en que estos cereales llegan á su madurez, se encuentra ya el centeno, que baja hasta los bordes del Báltico, y que reemplaza ventajosamente á los otros dos,

que no se cultivan ya en estas latitudes mas que para alimento de los animales y para fabricar cerveza.

El importante cultivo del trigo comun en el Norte de Alemania, donde se cultiva en competencia con el centeno, acaba pronto por ser el cultivo dominante. Partiendo del Sur de la Escocia, atraviesa Francia, Alemania, Crimea y el Cáucaso, y se estiende hasta el Asia, sin que por esto se desprecien en estos países los otros tres cereales; pero estos no se emplean tan frecuentemente para satisfacer las necesidades del hombre.

Los europeos han importado el trigo en los Estados-Unidos, el Brasil, la Plata, Chile, Nueva Galles del Sur y Australia. Como altitud, el trigo se cultiva hasta 3 300 metros. El maiz hasta 2 400 nada mas.

El *centeno* es el cultivo de las regiones mas frias de las montañas, y bajando hácia el Sur la *avena* desaparece enteramente para ser sustituida por la *cebada* que se da á los animales. A medida que se va bajando hácia el Mediodía, el *arroz* y el *maiz* reemplazan á los otros cereales, segun se ve en la Francia meridional, en Italia, en España, y llegan á ser casi el único cultivo del Norte de la India, donde son preferidos al *trigo*, atravesando así todos los países intermedios en una vasta zona. En Africa se cultivan diferentes especies de *holco* como cereales de uso comun. En el extremo oriental del Asia, el *arroz* reemplaza á todos los demás cereales, y lo mismo sucede en los países meridionales del América del Norte. Tambien se encuentra allí el *maiz*, cuyo cultivo está mas estendido acaso que entre nosotros. En la América del Sur, el maiz es el que domina.

La *vid*, que se puede incluir en el número de los vegetales mas útiles al hombre, como objeto de comercio y de cambio, y como madre de una bebida reparadora, tiene una distribucion muy caprichosa, estendiéndose en una ancha zona de cerca de 22° de latitud. Su límite por el Norte, en Francia, está tocando al Océano en Vannes, pasa por entre Nantes y Rennes, por entre Angers y Laval, por entre Tours y el Mans, sube por Chartres para pasar por cima de Paris, y despues por debajo de Laon y de Me-

zieres, llegando al Rhin en la desembocadura del Mosela.

Los países mas al Norte de esta línea no pueden producir vides. Los rayos del Sol almacenados en la uva se sirven en nuestras mesas en los deliciosos vinos de Francia, y ellos son los que dan al carácter francés su ardor y su jovialidad. En vano los automáticos prusianos les oponen sus cervezas; nunca dejarán de ser pesados y bárbaros como lo éramos nosotros mismos, los antiguos francos, cuando habitábamos en la orilla derecha del Rhin antes de hacer la conquista de las Gálias, que los germanos nos disputan desde el tiempo de Clovis.

Una observacion final sobre la escala de las temperaturas aplicables á los vegetales:

La vida de las plantas ofrece como extremos de temperatura la *Tremella reticula*, que prospera en el agua termal de Dax á 49°, y el cedro, que arrostra en Siberia un frio de — 40°. Las semillas maduras son insensibles al frio. Espuestas á 100° bajo cero no pierden su facultad germinativa. De donde se saca la conclusion de que si por una causa cualquiera la superficie de la Tierra se enfriase hasta 100°, la vida animal se destruiria, mientras que la vida vegetal podria renacer si la temperatura actual volvía á manifestarse.

Hemos visto en el capítulo precedente que cada mes tiene su temperatura media especial; pero si los años se siguen como los dias, no se parecen los unos á los otros. El estudio completo de los efectos de la temperatura es de una extraordinaria complejidad. Los años mas calorosos no son aquellos en que ha habido un máximo mas alto en un dia dado, ni los años mas frios aquellos en que el mínimo ha sido mas bajo en otro determinado dia. Si tomamos los meses, encontramos tambien ciertos meses de una temperatura máxima ó mínima muy por cima ó muy por bajo de la media, sin que por esto el año sea mas frio ó mas templado. La vegetacion general ofrece las mismas diferencias porque cada especie vegetal tiene su época de sensibilidad crítica. Una série de dias muy calorosos podrá, por ejemplo, determinar en las vides las condiciones de un vino excelente, si estos dias llegan en buena ocasion; y en otro

momento distinto los mismos calores no ejercerán la misma influencia. Estos son hechos comprobados por todos los hombres que viven en el campo, y que, sin embargo, son para la meteorología un objeto de estudio muy complicado.

Ahora que tenemos un conocimiento exacto de la teoría astronómica de las estaciones y de su valor meteorológico y vital, por decirlo así, sería interesante para nosotros completar este capítulo especial sobre el verano, con una lista de los *veranos mas cálidos*, á fin de apreciar hasta qué grado puede subir el calor en estas estaciones escepcionales. Esto es lo que vamos á hacer.

Arago y Barral han reunido en este punto documentos importantes que nos permitirán trazar un resúmen instructivo. Hé aquí los veranos que en el siglo actual han sido notables por su estremado calor en Francia y en Europa. Se pueden observar fácilmente en esta revista retrospectiva las particularidades diversas de temperatura de que acabamos de hablar.

El verano del primer año de este siglo, 1800, ó para hablar exactamente segun la cronología, del último año del siglo XVIII fue notable por su elevada temperatura, y comenzariamos por él nuestra série, si algunos años antes no hubiera sufrido Europa un calor escepcional en una fecha que será siempre célebre: 1793.

Este verano es memorable por calores extraordinarios, y que no tienen ejemplo desde el siglo anterior: se produjeron en julio y en agosto. Se contaron en Paris, segun Cassini IV, director entonces del Observatorio.

Calor fuerte (de 25 á 31° inclusive).	36 dias.
— muy fuerte (de 32 á 34 inclusive).	9 "
— extraordinario (de 35° y mas).	6 "
Las temperaturas mas altas se distribuyeron de este modo:	
Valence el 11 de julio.	40°,0
Paris el 8 de id.	38,4
— el 16 de agosto.	37,3
Chartres el 8 de id.	38,0
— el 16 de id.	31,1
Verona en julio y agosto.	35,6
Montmorency el 8.	33,8
Lóndres el 16 de julio.	31,7

El termómetro de Messier, que es el que ha servido para medir las temperaturas precedentes, no estuvo al parecer bastante al abrigo de la radiación solar y dió indicaciones demasiado altas. Espuesto al Sol, marcó el termómetro hasta 63° (el 8 de julio).

Los grandes calores se empezaron á sentir en Paris el 1.º de julio y aumentaron rápidamente. El cielo, durante toda su duracion estuvo hermoso, claro y sin nubes: el viento fue siempre Norte: pero con mayor frecuencia habia calma y el barómetro se mantuvo á una altura muy grande. Los dias mas calurosos fueron el 8 y el 16 de julio. El 9 una espantosa tempestad asoló á Senlis y sus cercanías. Granizos del tamaño de huevos destruyeron las mieses: un viento furioso derribó mas de ciento veinte casas. A esta tempestad sucedió una enorme lluvia: las aguas reuniéndose en las campiñas arrastraron los ganados, los muebles, las mujeres y los niños. En Bougueval (Departamento del Oise), una madre desventurada, cuyas fuerzas se habian agotado para salvar á sus nueve hijos, fue arrastrada por la corriente. La Convencion Nacional votó para las victimas del siniestro un socorro provisional de 30 000 libras y decretó que se pusieran á disposicion del ministro del Interior 6 millones para indemnizar á los dueños de las fincas devastadas. Para colmo de males, el 10 de julio hubo otra granizada.

El estremado calor del mes de julio continuó durante una parte del mes de agosto. El dia 7 de este mes fue notabilísimo: se manifestó en todas partes pesado y abrumador: el cielo continuaba muy claro; el viento que era Nordeste, se hizo sensible, pero tan cálido que parecia pasar por una hoguera ó salir de la boca de un horno de cal. Este calor insólito se recibia á bocanadas de tiempo en tiempo: tan ardiente era á la sombra como si hubiera estado espuesto á los rayos de un sol de fuego. Se experimentaba aquella penosa sensacion en todas las calles de Paris, y los efectos eran los mismos á campo raso. Este calor sofocante paralizaba la respiracion, y se sentia mucha mayor incomodidad este dia en que la temperatura no pasaba de 30°,3, que el 8 de julio en que el termómetro habia subido á 35°,4.

La sequia fue grandísima. El nivel del Sena descendió á las aguas bajas de 1719, á fines de agosto y á principios de setiembre. En todo el año no cayeron en Paris mas que 331 milímetros de agua. En el campo los castaños de Indias, los manzanos, los nogales, los cerezos, los avellanos, las madre selvas, las vides y los groselleros se abrasaron: las frutas, especialmente las manzanas, aparecian como quemadas. La escasez de legumbres se hizo sentir en alto grado y las pocas que habia alcanzaron precios exorbitantes. Las tierras, secas, endurecidas y grietadas, no admitian la labor del arado ni del azadon. En el jardin del Luxemburgo, á 1 metro de profundidad, no habia en el suelo la menor señal de frescura. Los trabajadores encargados de abrir un pozo en un terreno enteramente expuesto al Sol, encontraron la tierra seca hasta 1m,60 de profundidad. El 1.º de setiembre los árboles del Palacio Real no tenian apenas hojas: habia 150 que estaban completamente desnudos: la sequia y el calor habian grietado su corteza y las ramas estaban como muertas: la mayoría de ellos pereció.

En Borgoña, empezaron las vendimias el 23 de setiembre. El vino fue abundante pero de mala calidad. Habian caido en esta region lluvias frias que habian alterado su calidad. El verano fue caloroso y seco en todo el pais tolosino: la cosecha del maiz se perdió por completo. Todo

el mundo recuerda que el año 1793 fue en Francia un año de gran miseria.

1800.—Se marcó el verano por vivísimos calores que se sintieron en una gran parte de Europa. Desde el 6 de julio hasta el 21 de agosto bajó el termómetro en París mas que cinco veces por bajo de 23° 4, y hubo según los cuadros de Bouvard:

Cálor fuerte.	21 días.
— muy fuerte.	3 "
— extraordinario.	2 "

El calor directo del Sol hizo subir el termómetro, según Cotte, en Montmorency el 18 de agosto á las 3 de la tarde á 51° 5. Las temperaturas mas elevadas de este verano se distribuyeron de este modo:

Burdeos el 6 de agosto.	38° 8
Nantes el 18 id.	28 8
Montmorency el 18 id.	37 9
Limoges id.	37 5
París el 18 id.	35 5
Londres el 2 id.	31 1

Hubo muchísimos incendios desde el principio de abril. Una aldea entera en el departamento del Eure, el bosque de Haguenau, y una parte de la Selva Negra fueron presa de las llamas. Millares de langostas cayeron en los términos próximos á Strasburgo. En la noche del 20 de julio cayó un rayo en el antiguo convento de los Agustinos de París y le incendió. Se advirtieron en el Mediodía muchos casos de hidrofobia.

1811.—El verano de 1811 fue por muchos motivos uno de los mas memorables que han existido en el Norte de Europa.

Hé aquí el cuadro de las temperaturas máximas:

Ausburgo el 30 de julio.	37° 3
Viena (Austria) el 6 id.	35 7
Avignon el 19 id.	35 0
Hamburgo el 19 id.	34 8
Nápoles el 20 id.	34 6
Copenhague en id.	33 8
Lieja en id.	33 7
Strasburgo en id.	33 0
San Petersburgo el 27 de junio.	31 1
París el 19 de julio	31 0

En Borgaña se empezó la vendimia el 14 de setiembre. Una helada que sobrevino el 11 de abril habia comprometido las dos terceras partes de la cosecha; pero se manifestó el año tan favorable para las vides, que volvieron á salir las uvas, y se tuvo una pequeña recolección de una calidad excelente, que fue célebre mucho tiempo con el nombre de *vino del cometa*.

1822.—El año 1822 fue notable en toda Francia por la elevación de

su temperatura media, superior al término medio general en el Norte, en el Centro y en el Sur.

Respecto de Paris hubo

Calor fuerte.	55 dias.
— muy fuerte.	3 "

Los máximos de temperatura se distribuyeron de este modo:

Malines en julio.	38° 8
Joyeuse el 23 de junio.	37,3
Alais el 13 y el 23 id.	36,5
Lieja en id.	35,0
Maëstricht el 11 id.	34,0
Paris el 10 id.	33,8

La sequía fue muy grande en Francia durante el verano: desde el 21 de agosto hasta el 26 de setiembre el Sena se mantuvo casi constantemente por debajo del cero del punto de la Tournelle. Desde el mes de marzo en los campos del Mediodía había dificultades para dar de beber al ganado. Se iba á buscar el agua á lomo á distancias muy considerables. En estos países se advirtió en la primavera una temperatura semejante á la del mes de agosto. La siega había terminado en el Languedoc antes del 23 de junio; dió pocas espigas pero de un grano muy apretado. En Borgoña se hizo notable el año por la belleza desusada del cielo. Se empezó la vendimia el 2 de setiembre, pero segun los cosecheros se hubiera podido empezar desde el 15 de agosto, y en las cercanías de Vesoul (Alto Saone), se vendimió el 19 de agosto. La cosecha del vino fue abundante y de superior calidad: la de los cereales fue algo mas escasa en general que en los años anteriores.

1826.—Verano muy cálido y muy seco. 36 dias de calor fuerte en Paris; 7 de calor muy fuerte y 2 de estrordinario. Promedio de la temperatura, muy elevado, 20°,7. Destruccion de las cosechas é incendios en Suecia y Dinamarca. Temperaturas mas altas observadas:

Maëstricht el 2 de agosto.	38° 8
Epinal el 1.º de julio.	36,5
Paris el 1.º de agosto.	36,2
Metz el 3 id.	36,1
Strasburgo id.	34,2

1834.—Este año, sin ser notable por los fuertes calores, se distingue por una temperatura media de primavera y verano muy elevada en toda la Francia. La vegetacion fue precoz y cayeron en diferentes sitios lluvias, cuya distribucion fué muy favorable á los cultivos. Hubo en Paris:

Calor fuerte.	43 dias.
— muy fuerte.	3 "

El promedio del verano, 20°,45 es el mayor de este siglo despues de 1826, 1812 y 1816. La sequía fue muy grande en agosto y el Sena descendió en 16 de este mes á 0m,03 por bajo de las aguas bajas de 1719. Los máximos de 1834 se repartieron de este modo:

Avignon el 14 de julio.	35,0
Ginebra el 18 id..	34,5
Lieja id.	33,5
Metz el 12 id.	33,0
Strasburgo en id.	32,8
Paris el 12 y 18 id.	32,6

En el Mediodía, la temperatura moderada por lluvias abundantes, se manifestó muy suave. En Borgoña se hizo célebre la calidad superior del vino de este año. Se vendimió desde el 15 de setiembre. Esta preciosa cosecha, fue sin embargo mediana en cuanto á la cantidad. Lo mismo sucedió en la comarca de Burdeos. En casi toda la Francia fué buena la siega.

1836.—El verano de este año es memorable por el carácter tempestuoso del mes de junio y del principio de julio, y por el número de accidentes funestos producidos por el calor en el Mediodía de Francia. En Dinamarca, en Rusia y en España se sintieron tambien los notables efectos de la temperatura.

La sequía fue intensa en el mes de agosto; el Sena descendió á 0m,30 por bajo de las aguas bajas de 1719. Se obtuvo en el Mediodía una cosecha regular de vino de muy buena calidad. Las vendimias comenzaron en Borgoña el 6 de Octubre. La cosecha de los cereales fue mala.

1842.—El verano de este año fue el mas cálido de la primera parte del siglo, sobre todo en climas como el de Paris y en el Norte. Fue tambien muy seco, porque solo cayeron en el Observatorio 65 milímetros de agua, es decir 107 menos que el término medio del verano, y el Sena estuvo muchos dias en julio, agosto, setiembre y octubre mas bajo que el cero del puente de la Tournelle. Hubo en Paris:

Calor fuerte.	51 dias.
— muy fuerte.	11 "
— extraordinario.	4 "

La temperatura media de la estación fue en Paris de 20°,75, es decir 2°,47 mas alta que la media ordinaria. La temperatura de junio fue 3° y la de agosto 4° mas alta que las medias de los respectivos meses.

Hé aquí el cuadro de las temperaturas mas altas que se observaron:

Paris el 18 de agosto.	37°,2
Agen el 4 de julio.	37,0
Burdeos el 16 id.	34,8
Toulouse el 17 id.	34,4

Se recuerdan diversos accidentes producidos por el calor. Muchas ruedas los carruajes del correo se incendiaron. En Badajoz (España), cambiaron tres labradores el 28 de junio, y una señora murió sofocada en una diligencia: en Córdoba murieron asfixiados muchos segadores, y se presentaron muchos casos de locura que se atribuyeron á la misma causa.

En Borgoña empezó la vendimia el 21 de setiembre; la recolección del vino fue abundante y de primera calidad; pero mas al Este, en Doubs por ejemplo, la cantidad fue mediana. En la comarca de Burdeos se cogió poco. La cosecha de cereales fue mediana.

1846.—La temperatura de este verano fue muy notable, y se sintieron fuertísimos calores en Francia, en Bélgica y en Inglaterra. En Paris se sufrió:

Calor fuerte.	48 dias.
— muy fuerte.	9 "
— extraordinario.	2 "

El promedio de la temperatura estival fue de 20°,63, es decir 2°,33 mas alta que el promedio ordinario. El de Bruselas fue mas elevado aun, y segun las observaciones de M. Quetelet, llegó á 21°,1.

Los máximos de este año se presentaron en el orden siguiente:

Toulouse el 7 de julio.	40°,0
Quimper el 19 de junio.	38°,0
Rouen el 5 de julio.	36°,8
Paris el 3 id.	36°,3
Orange el 13 id.	36°,3
Angers el 29 id.	35°,0
Metz el 1.º de agosto.	34°,8

En Bretaña hubo accidentes graves. En la feria de Pont-de-Croix, tuvieron muchas personas vértigos ocasionados por el calor. En Beuzec, una niña pequeña á quien se tuvo la imprudencia de dejar al Sol, murió en pocos minutos. La temperatura de junio fue excesiva tambien en Toulouse, Tolon y Burdeos. En las Landas hubo dos cosechas de centeno. En las cercanías de Niort, al principio de julio, tres labradores murieron sobre las mismas tierras que estaban labrando.

La vendimia empezó en Borgoña el 14 de setiembre; no hubo mas que una media cosecha, pero de excelente calidad. La cosecha de cereales fue tambien muy mediana.

1849.—Se espermentaron calores muy fuertes hácia la parte del Mediodia, y el máximo de Orange es la temperatura mas elevada que se ha espermentado á la sombra en Francia.

Hé aqui el cuadro de las temperaturas mas altas:

Orange el 9 de julio.	41°,4
Toulouse el 23 de junio.	37°,6
Burdeos el 7 de julio.	34°,6
Gante en id.	34°,4
Metz el 8 id.	33°,6

1852.—El verano fue notable en Rusia, en Inglaterra, en Holanda, en Bélgica y en Francia. En Paris hubo:

Calor fuerte.	30 dias.
— muy fuerte.	6 "
— extraordinario.	1 "

El promedio del verano fue en París 19°,33, 1° mas alto que el promedio general. El de julio fue de 32°,5, superior en 3° al correspondiente á este mes. Hubo una desusada sucesion de calores fuertes: el 9 de julio, 31°,1; el 10, 33°,5; el 11, 31°,0; el 12, 32°,5, el 13, 33°,8; el 14, 34°,2; el 15, 34°,2; el 16, 35°1.

Las temperaturas mas elevadas se distribuyeron así en Europa:

Constantinopla el 27 de julio.	38°,5
Rouen el 5 id.	36,1
Versalles el 16 id.	35,7
Orange el 25 de agosto.	35,3
Dunkerque el 7 de julio.	35,7
Paris el 16 id.	35,1
Verviers el 18 id.	35,1
Londres el 12 id.. . . .	35,0

En Amsterdam un termómetro espuesto á la reverberacion subió el 12 de julio á 39°,0. En Alphen, cerca de Leyde, se encontraron muertos en el campo dos paisanos asfixiados por el calor. En Alkenar el fogonero de una máquina de vapor se volvió loco á consecuencia de una congestion producida por la esposicion al Sol. En el centro de Francia estuvo el termómetro mas de 10 dias por cima de 30°. Muchos animales domésticos perecieron por no poder sobrellevar el trabajo. En Madrid se sintió muchísimo calor (1). En Thouroutte (Bélgica), el 11 de agosto cayó una espantosa granizada. Muchos de los granizos pesaban 75 gramos y tenian de 7 á 8 centímetros de espesor.

En Francia se hizo la siega generalmente poco despues de mediados de julio y la cosecha fue bastante buena. En cambio la vendimia no empezó hasta los primeros dias de octubre: la cosecha de vino fue en general mala y de mala calidad.

1837.—El verano de 1837 fue mas cálido que el término medio de Francia, y presentó fuertes calores en julio y agosto casi por todas partes. El promedio del verano, segun los datos del Observatorio de Paris, fue de 19°,38.

Hé aquí las mas altas temperaturas observadas:

Montpeller el 29 de julio.	38°,6
Orange el 18 id.	38,3
Les Mesneaux el 4 de agosto.	37,0
Toulouse el 27 de julio.	36,8

(1) Desde el dia 21 de junio al 1.º de octubre ambos inclusive, hubo 77 en que la temperatura de las 12 del dia fue mas elevada que el promedio de las máximas de verano. Desde el 8 de julio al 4 de agosto no bajó de 30°, y desde el 8 de agosto al 9 de setiembre escedió siempre de 32°. En los dias 3, 4, 11, 14, 15, 16, 20, 21, 22 y 23 de julio, 16, 22, 27, 28 y 29 de agosto pasó de 40°, y el 22 de julio fue de 43°,75; es decir mas calor del que aparece como máximo en los datos que consigna el *Anuario* del Observatorio para el decenio de 1860-69.

(N del T.)

Clermont, el 14 y 15 de julio y el 3 de agosto.	36 ,8
Blois en agosto.	36 ,2
Metz en id.	35 ,6

Hubo tres corrientes distintas de calores fuertes. La primera pasó el 27 de junio por los puntos mas elevados y mas meridionales de Francia, y llegó el 28 á nuestra frontera septentrional; la segunda recorrió el Noroeste del 14 al 16 de julio; la tercera y la mas intensa, de marcha lenta y gradual, se extendió del Mediodia al Norte, en el intervalo comprendido entre el 27 de julio y el 4 de agosto.

Este verano fue de una sequía extraordinaria en la mayor parte de Francia: por fortuna hácia mediados de agosto, cayeron en muchos puntos benéficas lluvias. El Sena en Paris estuvo por bajo del cero del puente de la Tournelle durante muchos dias en julio, agosto y setiembre. En Borgoña se empezó á vendimiar el 16 de setiembre y la cosecha fue regular en cantidad y calidad. Los cereales presentaron en general un buen promedio.

1858.—Este verano se distinguió por una gran sequía y por calores mas prolongados que intensos, en Inglaterra, Bélgica, el centro de Francia y una gran parte del Mediodia y de la Argelia. En el Norte fue menos cálido que el de 1859 y en el Sur mas.

Los calores mas notables se verificaron en Francia del 13 al 20 de junio, el 13 se sintieron en los puntos mas elevados, el 15 hubo un máximo en muchos puntos entre Lille y Burdeos, y del 19 al 20 adquirieron una notable intensidad en las cercanías de Montpellier. Del 14 al 16 de julio y del 12 al 18 de agosto se produjeron tambien máximos elevados, aunque no tan fuertes como los de junio, á escepcion del Var, de Vaucluse y del alto Garona, que los tuvieron en julio.

El cuadro de repartición de los máximos extremos es el siguiente:

Montpellier el 20 de junio.	35 ,3
Orange el 19 de julio.	38 ,3
Vendôme el 15 de junio.	36 ,1
Tours en junio.	36 ,0
Clermont en id.	35 ,8
Lille el 15 id.	35 ,5
Londres el 16 id.	34 ,9
Paris el 3 id.	32 ,0

La sequía, desastrosa para la cria de ganados, fue grandísima en casi toda la Francia durante la primavera y la mitad del verano. Durante el mes de junio el cielo estuvo extraordinariamente despejado; pero algunas aunque escasas lluvias en el mes de julio, y numerosas tempestades en agosto, atenuaron en parte por el norte, la aridez de las praderas causada por una falta de agua que venia ya sintiéndose desde el año anterior. La siega terminada el 1.º de julio en una gran parte del Mediodia y el 4.º de agosto en el Norte, dió una cosecha mediana por la cantidad pero buena por la calidad. La vendimia, que empezó en Borgoña el 18 de setiembre, dió una cosecha notable en cantidad y calidad.

Entre los últimos años debemos citar los veranos de 1865 y 1868 como notables por haber tenido una larga série de días calorosos. Las condiciones del primero, fueron, como todos sabemos, de las mas favorables para el viñedo.

1865.—Las temperaturas medias mensuales observadas en el Observatorio de Paris fueron las siguientes:

Enero	3°,56	Julio.	19°,85
Febrero.	2,30	Agosto.	17,72
Marzo.	2,21	Setiembre.. . . .	19,22
Abril.	15,80	Octubre.	12,19
Mayo.	16,25	Noviembre.	7,97
Junio.	17,88	Diciembre.. . . .	2,29

El calor mas alto de Paris fue de 33°,3 el 6 de julio. El promedio de los tres meses de verano fue de 18°,5. Agregando setiembre, el promedio del cuatrimestre fue de 18°,6 lo cual es muy raro. El promedio del año es de 11°,44 y por lo tanto 0°,66 mas alto que el ordinario.

El mes de enero fue relativamente templado. En abril á partir del 4 el tiempo estuvo hermoso y el termómetro muy alto, porque desde el día 8 la temperatura era la de junio. En mayo y junio el termómetro se mantuvo tambien por cima de la altura normal. Julio y agosto fueron frios. En setiembre la temperatura subió mas que en agosto. Octubre y noviembre fueron tambien templados.

Las temperaturas mas altas observadas en Francia fueron:

Nimes el 5 de julio.	78°,9
Niza el 10 id.	35,3
Perpiñan el 4 id.	35,2
Aix el 28 de agosto.	34,7
Montpeller el 26 de julio.	34,0

1868.—Las temperaturas medias mensuales observadas en el Observatorio de Paris fueron como sigue:

Enero.	0°,0	Julio.	21°,2
Febrero.	5,4	Agosto.. . . .	18,7
Marzo.	7,0	Setiembre.. . . .	17,6
Abril.	10,5	Octubre	10,5
Mayo.	17,9	Noviembre.	4,9
Junio.	18,3	Diciembre.. . . .	8,6

La temperatura máxima en Paris fue de 34° el 22 de julio en el Observatorio. El promedio del trimestre de verano es de 19°,4. Este verano hace época en los anales de la meteorología por su elevacion termométrica, y su conjunto de circunstancias favorables para las cosechas bajo el doble aspecto de la cantidad y de la calidad. El promedio de las temperaturas de mayo, junio y julio llegó á una cifra notablemen-

te alta en el Mediodía. En Tours el promedio de mayo fue 18°,4, el de junio 19°,8, y el de julio 21°,8.

Las temperaturas mas altas observadas en Francia fueron:

Nimes el 20 de julio.	41,4
Perpiñan el 25 id.	37,2
Draguiñan el 24 id.	36,9
Montauban el 20 id.	36,7
Toulouse el 19 id.	35,0
Montpeller el 20 id.	34,6
Aix el 20 id.	34,0

El termómetro habia subido mas en 1839, y sin embargo el promedio no era tan elevado. Esto se debe mas bien que á los máximos diurnos á los nocturnos. En efecto, á pesar de la serenidad casi constante de las noches, el enfriamiento causado por la radiacion nocturna no fue nunca muy marcado. Casi siempre poco antes de salir el Sol recubria el suelo, humedecia las plantas y templaba el efecto de la fuerte insolacion de los días una bruma ligera, indicio de un estado higrométrico muy elevado. El vapor de agua se opone á la radiacion del calor oscuro; el aire que se hallaba sobre nuestras comarcas y cuyo elevado estado higrométrico aumentaba su transparencia y hacia mas visibles las estrellas, dificultaba los efectos de la radiacion nocturna, tan enérgica aun en las regiones tropicales cuando se verifica al través de un aire seco.

Este notabilísimo verano influyó en la temperatura hasta 1 metro de profundidad. Durante los veranos de 1864, 65, 66 y 67, el calor á 1 metro habia sido 14°,29; 14°,66; 14°,03, y 14°,17; en 1868 llegó á 15°,90, es decir casi á 16°.

Estos son los *veranos memorables* de este siglo.

Veamos ahora las temperaturas mas altas de aire (*á la sombra* y al norte) observadas en Francia desde que se observa científicamente el termómetro. He prescindido de todas aquellas que no llegan á 37° y no he prescindido mas que de estas, escepto en París en donde hay muchas comparaciones. Las ciudades se colocan por su orden de Norte á Sur.

Lugares.	Latitud.	Longitud.	Elevacion sobre el mar.	Fechas.	Máximos estremos.
Saint-Omer.	50°,45'	0°,05'	23 ^m	10 agt.º 1777	37°,5
Cambrai.	50,11	0,54	54	4 agt.º 1783	37,5
Rouen.	49,26	1,15	39	18 agt.º 1800	38,0
Les Mesneux.	49,13	1,37	85	4 agt.º 1857	37,5
Metz.	49,07	3,50	182	4 agt.º 1781	38,1
Montmorency.	49,00	0,02	143	10 agt.º 1800	37,0

Lugares.	Latitud.	Longitud.	Elevacion sobre el mar.	Fechas.	Máximos extremos.
				26 agt.° 1765	40,0
				14 agt.° 1773	39,4
				19 agt.° 1763	
				5 y 6 ag. 1705	39,0
				16 jul. 1782	38,7
Paris.	48,50	0,0	65	8 jul. 1793	38,4
				10 jul. 1766	37,8
				18 agt.° 1842	37,2
				31 jul. 1803	36,7
				5 jul. 1846	36,5
				19 jul. 1825	36,3
				4 agt.° 1837	36,2
Hagueneau.	48,48	5,25	134	16 jul. 1782	39,4
Nancy.	48,42	3,51	200	26 jul. 1782	37,6
Chartres.	48,27	0,51	158	16 jul. 1793	38,1
Quimper.	48,00	6,26	6	19 jun. 1846	38,0
Montargis.	48,00	0,23	116	1777 y 1778	37,5
Angers.	47,28	2,54	47	17 jul. 1784	38,0
Tours.	47,24	1,39	55	agosto 1840	38,0
Nantes.	47,13	3,53	44	18 agt.° 1800	38,8
Chinon.	47,10	2,06	82	21 jul. 1783	38,4
Seurre (Costa de Oro)	47,01	2,48	150	6 jul. 1783	39,0
Nozeroy.	46,47	3,42	150	julio 1787	37,5
Luzon.	46,27	3,30	81	21 jul. 1777	38,8
La Rochela.	46,09	3,30	25	4 y 5 jul. 1836	39,0
San Juan de Angely.	45,37	2,52	24	julio 1787	37,5
Limoges.	45,30	1,05	287	23, 24 y 25 julio 1800	37,5
Valence.	44,56	2,33	128	11 jul. 1793	40,0
Burdeos.	44,50	2,55	18	6 agt.° 1800	38,8
Joyeuse (Ardèche)..	44,32	2,00	147	23 jun. 1822	37,3
Agen.	44,12	1,43	43	4 jul. 1842	37,0
Orange.	44,08	2,28	46	9 jul. 1849	41,4
Aviñon.	43,57	2,28	36	14 agt.° 1802 16 agt.° 1803	38,1
Nimes.	43,51	2,01	114	20 jul. 1868	41,4
Manosque.	43,49	3,35	400	18 jul. 1782	38,8
Arles.	43,41	2,48	17	20 agt.° 1806	37,5
Toulouse.	43,37	0,54	198	30 y 31 ju- lio 1753	37,7
				7 jul. 1846	40,0
Montpeller.	43,37	1,32	30	29 jul. 1857	38,6
Beziers.	43,21	0,52	77	julio 1847	37,0
Sorèze.	43,19	0,13	500	12 jul. 1824	37,5
Pau.	43,18	2,43	205	4 agt.° 1838	38,8
Perpiñan.	41,42	0,34	42	29 jul. 1857	38,6

Los mayores calores que se han sentido á la sombra y al Norte se

elevan á 41°,4 en Francia (Orange el 9 de julio de 1849, y Nimes el 20 de julio de 1868), á 35°,6 en la Gran Bretaña; á 38°,8 en Holanda y Bélgica; á 37°,5 en Dinamarca, Suecia y Noruega; á 38°,8 en Rusia; á 39°,4 en Alemania; á 40°,6 en Grecia; á 40° en Italia, y á 39° en España y Portugal (1). En cuanto á los países que no pertenecen á Europa, las temperaturas más altas observadas en un termómetro á la sombra, han sido segun Arago:

En Tunez.	44°,7
En Manila.	43°,3
En Nubia.	46°,2
En Ain-Dize (Egipto).	46°,7
En Esné (Africa).	47°,1
En Bagdad (Asia).	48°,9

(1) Véanse las notas anteriores relativas á la temperatura máxima de Madrid. Tomando solo el decenio de 1860-69, la temperatura máxima observada á la sombra fue de 42°,1 y segun se ha dicho en la nota anterior, en 1852 se observaron á las 12 del dia el 22 de julio, 43°,73. Si se observa la temperatura de otras poblaciones, especialmente de Andalucía, Estremadura, la Mancha y Aragon, se verá que se observan casi todos los años máximos muy superiores al que cita el autor. Como ejemplos, pueden citarse los siguientes números tomados de los *Anuarios* del Observatorio.

Poblaciones.	Años.	Máximos de temperatura.
Sevilla.	1865.	44°,7
	1866.	45°,4
	1867.	43°,6
	1868.	45°,0
	1869.	48°,0
	1870.	46°,0
	1871.	49°,0
	1866.	46°,0
Badajoz.	1867.	41°,0
	1868.	47°,0
	1869.	47°,0
	1870.	40°,0
	1867.	41°,4
Ciudad Real.	1868.	43°,4
	1869.	43°,2
	1870.	41°,4
	1871.	42°,4
Zaragoza.	1865.	41°,0
	1866.	40°,3
	1868.	43°,0
	1869.	42°,6
	1870.	44°,4
1871.	43°,0	

(N. del T.)

Cerca de Suez (espedicion francesa de Egipto).	52,5
Cerca del puerto Macquaire (Archipiélago).	33,9
Cerca de Assuan (Africa).	54,0
En Mursonk (Africa).	56,2

Estas son las temperaturas máximas del *aire*, tomadas, por consiguiente, á la sombra. La accion directa del Sol es mucho mas considerable. Para no elegir mas que algunos tipos, el termómetro espuesto al Sol se eleva hasta 63° en Paris. M. Duveyrier le ha observado á 67°,7 en el pais de los Touaregs. M. d'Abbadie ha observado en su viaje á Abisinia en valles que eran verdaderos hornos 70° en la superficie del suelo, y los coroneles de estado mayor Ferret y Gallinier hasta 75° (Véase el capítulo VII, Climas).

Una observacion final á propósito de todos estos datos.

Los meteorologistas tienen la costumbre de anotar la temperatura á la sombra y no la temperatura al Sol. Esto no basta. La influencia del Sol en la naturaleza debe medirse por completo y no á medias. Las plantas no tienen la costumbre de llevar quitasoles y reciben los rayos del Sol directos y sin ningun paliativo. Los extremos de temperatura deben tomarse, pues, entre las temperaturas glaciales observadas sin abrigo del viento y tan bajas como puedan ser, y las temperaturas tórridas observadas tambien tales y como existen en pleno sol de estio.

Ademas, un termómetro á la sombra puede marcar todas las temperaturas imaginables segun el viento á que esté espuesto, la radiacion del suelo ó de los edificios, y otras mil causas que en determinadas circunstancias pueden hacer que se eleve casi hasta á la temperatura que adquiriria en pleno sol, á campo raso. Esta no es, pues, la influencia exacta del Sol, aun cuando sea *la temperatura del aire*. Es asombroso que no se haya tenido cuidado de hacer al mismo tiempo medidas comparadas permanentes en todas las estaciones al sol y á la sombra. Como el calor absorbido por los diferentes cuerpos es tambien muy variable por si mismo, se podría, para aproximarse á las condiciones de las plantas, teñir de verde uno de los termómetros espuestos al Sol.

Estas observaciones tendrian gran importancia para la meteorologia, y se han puesto con razon en el programa del nuevo Observatorio de Montsouris.

Es natural preguntarse hasta qué punto puede resistir el organismo humano á tales elevaciones de temperatura sin hallarse en peligro inmediato de muerte. La temperatura media del cuerpo humano es 36 grados y medio (se la obtiene fácilmente colocando la bola de un termómetro bajo la lengua y es tan exacta como si se hiciera una incision en el cuerpo). La de los pájaros es mas elevada y llega á 44 grados en ciertas especies. La de los peces es la mas baja, y descende hasta 14 grados. Parece que los seres vivientes deben sustraerse á las leyes generales del calor puesto que no están nunca á la temperatura del ambiente.

Hay en la tierra un gran número de lugares habitados en que el termómetro á la sombra y espuesto al Norte se eleva muchos grados sobre la temperatura de la sangre. Era, pues, un error la antigua creencia de que el hombre se abogaba en cuanto se hallaba en una atmósfera cuya temperatura fuese superior á la de su cuerpo. No existen esperimentos que demuestren cuál es el último término de la temperatura *habitual* que podemos soportar; pero si se sabe que este término es sumamente elevado cuando la prueba no dura mas que algunos minutos (1).

(1) Tillet refiere en las *Memorias de la Academia*, correspondientes á 1764, que las muchachas que hacian el servicio del horno comunal de La Rochefoucauld permanecian habitualmente diez minutos en el horno, sin molestarse demasiado, cuando la temperatura de aquel era de 132° centigrados, es decir 32° mas alta que la del agua hirviendo. En el momento en que se hacia uno de estos esperimentos, habia alrededor de la sirviente manzanas y algunos trozos de carne que estaban cociendo.

En 1774, Fordyce, Banck, Solander, Blagden, Dundas, Home, Nooth, Lord Seaforth y el capitan Phipps entraron en una habitacion cuya temperatura era de 128° y estuvieron en ella 8 minutos. Su temperatura natural se aumentó ligeramente. En la misma habitacion, al lado de los observadores, se pusieron duros algunos huevos, se coció un bifeck é hirvió el agua.

En 1828, se vió en Paris un hombre que entraba en un horno de 1 metro de altura, en que marcaba 137° un termómetro colocado hácia la parte superior; estuvo allí 3 minutos; llevaba primero un vestido ligero de algodón y despues un vestido de lana encarnada, grueso, forrado de tela, y encima de todo un especie de carrick de lana blanca tambien forrado: en la cabeza llevaba una capucha de penitente de lana blanca forrada (Arago, VIII, p. 314). Se puede sufrir con la mano una temperatura:

de 47°,0 en el azogue.

de 54°,0 en el aceite.

de 50°,5 en el agua.

de 54°,5 en el alcohol.

Algunos esperimentos han demostrado que hay personas que beben habitualmente el café á la temperatura de 55° centigrados.

Newton indicaba 42° centigrados como el calor mas elevado de un baño en que pudiera mantenerse la mano en movimiento. Aseguraba que con la mano inmóvil se podian sufrir 8° mas ó sean 50°.

El médico Carrère refiere que un hombre robusto no pudo estar mas de tres minutos en un baño de agua termal del Rosellon, cuya temperatura era de 50° centigrados.

El doctor Berger fija en 42° el calor de un baño de agua pura, que puede sufrirse sin incomodidad y sin que el pulso se altere de una manera alarmante.

Sin embargo, y como coronacion de todos estos esfuerzos, el mariscal Marmont duque de Ragusa, aseguró á Arago que habia visto en Broussa, en compañía del doctor Jeng, médico austriaco, á un turco que se bañaba en agua á 78°!

CAPITULO VI.

EL OTOÑO.—EL INVIERNO.—LA TIERRA VEGETAL.—PAISAJES DE INVIERNO.—EL FRIO.—LA NIEVE.—EL HIELO.—LA ESCARCHA.—EL SERENO, ETC.

Inviernos memorables.—Temperaturas mínimas observadas.

Augusto Comte habia emitido la idea de reunir todas las fuerzas de que puede disponer el género humano para enderezar el eje del mundo. Milton refiere que antes de la falta de Adan (y de Eva) el eje de rotacion del globo estaba perpendicular á la eclíptica, de modo que no habia estaciones, y la Tierra gozaba de una primavera perpétua; pero que despues de la manzana se incomodó Jehovah y dió un puntapié á nuestro pobre planeta, que desde entonces gira torcido, y sufre alternativamente los ardores del verano y los rigores del invierno. Sin duda alguna que si la Tierra no tuviera unas estaciones tan distintas, y que dan á la inteligencia humana tan mala hospitalidad, la organizacion de la naturaleza animada tendria que sufrir transiciones menos bruscas y gozaríamos de un estado armónico mas uniforme. Esta seria una condicion de habitabilidad superior á la nuestra, pero el eje está inclinado; siempre lo ha estado, y seguirá estándolo siempre, de modo que ni ha habido ni es posible que haya edad de oro sobre la Tierra. A consecuencia de esta inclinacion los organismos vegetales y animales han tenido necesidad de estar constituidos para vivir en el medio ambiente, con menos delicadeza, con me-

nos sensibilidad, con menos elevacion de la que hubieran tenido en condiciones superiores. Pero tales como son, se encuentran por su misma naturaleza en correlacion con el régimen terrestre, de tal suerte, que si de repente se enderezara el eje, la Primavera perpétua que tendríamos en perspectiva seria tan funesta para la vida que hoy tiene la Tierra, que echaríamos mucho de menos nuestras antiguas estaciones, incluso nuestros inviernos.

El Otoño y el Invierno no son á la verdad menos indispensables para la marcha de la vida terrestre que la Primavera y el Verano. Despues de habernos dado sus flores y sus frutos la Tierra necesita reposo, calma, silencio; y su seno no puede ser inagotable, sino á condicion de regenerarse periódicamente. El Otoño es la estacion de paso entre el calor y el frio, paso que verificándose gradualmente segun la inclinacion creciente de nuestro horizonte hasta el solsticio de Invierno, presenta algunas veces sin embargo choques meteorológicos, que proceden de borrascas, de vientos, de hielos que se forman en las altas latitudes, de las variaciones que en definitiva constituyen las condiciones vitales de nuestro planeta. En la época de la inclinacion mas oblicua del Sol y de los dias cortos, la Tierra, cada vez mas fria, parece convertirse lentamente en un sepulcro helado. Pero solo la superficie sufre este despojo y esta dispersion glacial; ya hemos visto que á algunos metros de profundidad, el Invierno es la época mas cálida, y que un poco mas abajo la capa terrestre tiene una temperatura uniforme, igual á la media del lugar.

Fructidor, vendimiario y brumario nos presentan la naturaleza bajo su aspecto grave y severo. A la verdura uniforme de la Primavera y del Verano sustituyen las diferentes tintas que preceden á la caida de la hoja. Los paisajes son mas pintorescos, los tonos de las nubes y los de los bosques son mas templados y mas fijos, como si antes de adormecerse quisiera la naturaleza afirmar á los ojos del hombre su grandeza y su eternidad. Ya no se oyen los alegres trinos del pajarillo que construye su nido en los matorrales y en las ramas de los árboles; ya no se respiran los perfumes ligeros y delicados de las flores de mayo; es una

época solemne la que se anuncia en la Atmósfera, porque la Tierra inclinándose cada vez mas bajo los rayos del Sol, parece reconcentrarse y recogerse en el sentimiento de su individualidad personal. Los bordados vegetales hechos por el calor y la luz se deshacen y caen; el viento sopla y se lleva las hojas; se cogen los frutos desde los del huerto criado por la civilizacion hasta los de la viña; Pomona reemplaza á Ceres y Flora, y la industria humana afirma cada año su obra mas antigua y mas constante, atrayendo al hombre á las confortables habitaciones en que se encuentra al abrigo de las intemperies del Otoño y del Invierno, y puede vivir durante esta época rigorosa en medio de los trabajos de la inteligencia humana, reunidos merced á la invencion de la imprenta: en medio de las dulces afecciones del hogar doméstico y de la fraternidad de aquellas almas á quienes ha escogido por compañeras. Frimario, pluvioso y nivoso ejercen una concentracion fisica sobre la parte moral del hombre, bien distinta de la expansion debida á los luminosos y cálidos dias de la Primavera y del verano: modelados sobre la naturaleza, sufrimos con frecuencia sin apercibirnos de ello, su influencia variable, que deberia ser siempre ventajosa para nosotros si lleváramos una vida intelectual y armónica. Cada estacion puede ofrecer al cuerpo y al espíritu una saludable variacion de actividad, y á pesar de los 23° de inclinacion de su eje, nuestro planeta podria ser una vivienda agradable si fuésemos algo *espirituales*. Pero no es así; en vez de gozar sencillamente de la tranquilidad y de la dicha, pasamos nuestra efimera existencia en combatirnos mutuamente con todas las armas imaginables, desde las habladurías de la envidia y de los celos hasta el fusil y el cañon de las guerras internacionales y civiles.

Hemos visto de qué modo la creciente oblicuidad de los rayos solares produce el enfriamiento de nuestro hemisferio, y nos trae las estaciones del Otoño y del Invierno. Mas adelante veremos que las lluvias agregan su trabajo al del calor y al del viento para esponjar la tierra y disponerla á la vegetacion. La tierra vegetal no es, como los terrenos geológicos, un producto sencillo del mundo mineral; debe

su existencia por el contrario al mundo atmosférico. El *humus* que constituye el elemento fundamental é indispensable de la tierra vegetal es un producto de la fuerza orgánica; una combinacion de carbono, hidrógeno, nitrógeno y oxígeno, que no puede producirse por las fuerzas de la naturaleza inorgánica, porque en la naturaleza muerta, las sustancias no se unen sino por la combinacion sencilla de dos cualesquiera, no por el conjunto de todas como se verifica en este caso (véase Boussingault, *Química agrícola*, I, página 371); á estas sustancias esenciales del humus se agregan aun algunas otras en corta cantidad; fósforo, azufre, un poco de tierra propiamente dicha, y á veces diferentes sales. Como el humus es un producto de la vida, es tambien la condicion necesaria para ella. Da alimento á los cuerpos, y sin él no podria haber vida individual, al menos para los animales y las plantas mas perfectas; la muerte y la destruccion son, pues, precisas para la alimentacion y la reproduccion de una nueva vida. A escepcion del agua, el humus es la única sustancia que suministra alimento á las plantas en el suelo. Basta que observemos los progresos de la vegetacion en las rocas desnudas para estudiar la historia de la tierra labrantía desde el principio del mundo. Primero se forman líquenes y musgos, en cuya descomposicion encuentran su alimento otras plantas mas perfectas. Estas á su vez aumentan la capa de mantillo por su putrefaccion, y al fin viene á formarse una capa de humus capaz de alimentar los árboles mas vigorosos.

El Otoño diseminando por la superficie de la Tierra los despojos de los bosques, los restos de la vegetacion que enriquecia las colinas y las llanuras en los hermosos dias de sol, y regando el suelo con sus multiplicadas lluvias; el Invierno sepultando los adormidos campos bajo su inmenso manto de nieve, preparan de consuno las condiciones de la nueva vida que debe resucitar en la Primavera. Sin el aire no respirarian las plantas, y no podrian existir ni las mas bajas de la escala. Sin el aire, la superficie del suelo no podria recibir ni el menor tapiz de musgo, ni el mas ligero humus vegetal; la Tierra estaria por todas partes árida, seca y desnuda. Sin el aire no podrian formarse

las nubes, ni mantenerse suspendidas sobre los campos. Sin el aire no habria ni lluvias, ni agua, ni humedad, ni viento, ni circulacion. La Atmósfera se manifiesta, bajo cualquier aspecto que se la estudie, como la condicion suprema, como la organizadora permanente de la doble vida vegetal y animal que funciona en este planeta. Las estaciones modifican constantemente, hasta el mismo suelo geológico. Para el observador poco reflexivo, parece que las capas y las sustancias minerales son absolutamente indestructibles, que representan el tipo de la estabilidad y de la duracion. Pero con un poco de atencion se ve que las rocas se destruyen sin cesar, y que toda sustancia mineral espuesta al aire y á la lluvia, está en vias de destruccion. El aire, en virtud de su humedad, de su ácido carbónico, y de su oxígeno egerce sobre las rocas un poder alterante extraordinario. Ninguna roca resiste á su influencia: caliza y basalto, granito y pórfido nada se libra de la accion química de la Atmósfera y del agua. Lo que los poetas y los retóricos llaman *la mano del tiempo* no es mas que esta accion química que se egerce durante un largo intervalo. Las alternativas de calor y de frio, son poderosos auxiliares del aire en este trabajo de destruccion. El frio, rompe en pedazos á consecuencia de la congelacion del agua que ha penetrado en ellas, las piedras que la accion del aire debe descomponer despues: esta es una division mecánica que prepara y facilita la accion química.

La caliza grosera que se saca de los terrenos terciarios, y con la cual se construyen las casas de Paris, sufre una desagregacion lenta que la convierte en polvo. El vulgo atribuye esta alteracion al astro de la noche, y dice que *la Luna se come las piedras*.—El sabio hidráulico Belidor, hacia con este propósito la observacion consoladora de que siendo recíprocas las acciones, y siendo la Tierra mucho mayor que la Luna, debia comerse á esta mucho mas aun.

En nuestros dias, y ante nuestros ojos, vemos que la accion combinada del agua y de la Atmósfera produce, obrando sobre las rocas que componen las montañas, desprendimientos, caidas de terreno, etc., tan desastrosos al-

gunas veces como los temblores de Tierra ó las erupciones volcánicas.

Las montañas se destruyen sin cesar: el frío hiende y divide las rocas; el aire las descompone; el agua las lava y las arrastra. Es una nivelacion general llevada á término esclusivamente por las fuerzas de la naturaleza. Si la Tierra durase bastante tiempo y no tuviera esos sacudimientos que dejan relieves en su superficie, las montañas acabarían por desgastarse, los valles y el mar se elevarían, y como nada se pierde, el agua del Océano, desbordándose poco á poco, acabaría por ocupar toda la superficie del globo con 200 metros de espesor, con lo cual habia bastante para anegar el género humano y todas sus obras.

El aire, pues, directamente, por su accion lenta ó por el intermedio de los vegetales y de los animales, modifica constantemente la superficie de nuestro planeta. Hoy es la débil capa de tierra labrantía que constituye para nosotros la mayor riqueza de la Tierra. Esta capa es estremadamente delgada, y en la mayor parte de los casos no llega á tener ni un pié de espesor: el cultivo depende á la vez de su composicion química, del abono con que se enriquece y del subsuelo sobre que reposa. Este subsuelo no es insignificante; segun que es arcilloso, arenáceo ó calizo, la lluvia obra en proporciones mas ó menos favorables. Se puede observar fácilmente el pequeño espesor de la Tierra vegetal en los numerosos cortes que la industria de los ferrocarriles ha practicado, sobre todo cuando estos cortes están en la creta blanca (como, por ejemplo, al Sur de París en el camino de hierro de Sceaux, de Monsouris á Arcueil, donde la tierra gris de la superficie no es mas que una capa de algunos décímetros de espesor.

Las estaciones, cuyo valor astronómico se debe á la traslacion del planeta inclinado, alrededor del Sol relativamente inmóvil, y cuya obra meteorológica se debe á la existencia y á la naturaleza de la Atmósfera, las estaciones decimos se suceden segun hemos indicado para el sostenimiento de la vida terrestre. Llegamos á la última, al invierno, oscuro, frío, helado. Tomemos una idea exacta de los meteoros que la caracterizan.

Comencemos por mirar el conjunto de los paisajes que pasaron por delante de nuestra vista, llenos de color y de movimiento en los hermosos días del verano. Ahora se han trasformado bajo el cielo gris y silencioso del invierno. El verde follaje de los árboles ha desaparecido y las praderas están cubiertas de una capa de escarcha; los arrollos están helados y las casas de los campesinos aparecen tan muertas como la misma naturaleza...

¡Con la disminución progresiva de la temperatura el termómetro ha bajado hasta el nivel inferior de sus indicaciones caloríficas, hasta 0, punto notable en que el agua abandona su estado líquido y se hace *sólida* como un mineral. Entonces puede tomar formas distintas, ya esté maziza al estado de hielo, ya se aglomere con lentitud en los finos encajes de la escarcha, ya caiga lentamente de la Atmósfera en agujas que se sueldan unas á otras para formar los copos de la nieve. Este último fenómeno es el que empieza generalmente á afirmar el invierno, porque la nieve se produce tan luego como la temperatura baja hasta cero. Si esta temperatura igual ó inferior á 0, existe desde las nubes hasta la superficie de la Tierra, el agua llega al suelo bajo la forma de nieve. Si al caer, no tiene que atravesar mas que una capa atmosférica delgada, cuya temperatura sea mas baja que 0, se forma todavía la nieve en ella y persiste cuando cae con abundancia. Esto es lo que sucede á veces en verano (ejemplo: la nevada del 4 de Julio de 1868 cerca de Niza que persistió hasta el día siguiente en los valles de San Salvador y de Rimplas). Si la capa de aire próxima al suelo tiene una temperatura elevada y un espesor de muchos cientos de metros, la nieve se deshace antes de llegar al suelo y cae lluvia mas ó menos fria. Este es el caso de gran número de aguaceros de primavera ó de otoño, porque mas arriba de la línea de 0 en la Atmósfera, que hemos trazado en uno de los capítulos anteriores, el agua de las nubes está constantemente al estado de nieve, lo mismo en los días mas calorosos del verano que en el invierno.

Estendiendo su tapiz por la superficie de la Tierra la nieve sirve á un mismo tiempo de manta y de pantalla. De

manta porque siendo mala conductora, se opone al paso del calor é impide á la Tierra sobre que descansa que se enfríe hasta la temperatura del aire: de pantalla porque se opone á la radiación nocturna. Este hecho se ha puesto de manifiesto por Boussingault en Bechelbronn, en 1841 colocando un termómetro sobre la nieve y con la bola recubierta por ella, y otro bajo la nieve en contacto con el suelo.

	11 febrero á las 5 tarde.	12 á la salida del Sol.	12 á las 5 1/2 tarde.	15 á la salida del Sol.	15 á las 5 1/2 tarde.
Bajo la nieve.	0°,0	3°,5	0°,0	-2°,0	0°,0
Sobre la nieve.	-1,5	-12,0	-1,4	-8,2	-1,0

La temperatura es siempre mas elevada debajo de la nieve que encima. Sin nieve en las mañanas del 12 y 13 de Febrero citadas las hojas, los tallos y el cuello de las raices hubieran sufrido un frio de -12° y de -8° . Estos enfriamientos nocturnos son los que hacen perecer un gran número de plantas de trigo de otoño cuando el campo no está abrigado.

Mr. Ch. Martins ha observado en la cúspide del Monte Blanco $-17^{\circ},6$ en la superficie de la nieve y $-14^{\circ},6$ á 2 décímetros de profundidad (28 Agosto de 1844).

Citaré tambien los experimentos de Rozet segun los cuales la temperatura del suelo bajo la nieve está á $-1^{\circ},5$ y -2 y la del suelo sin nieve á $-2^{\circ},5$ y -3° (Paris Enero 1855).

Aun ejerce la nieve otra influencia saludable para la fertilizacion del suelo. Lo mismo que la lluvia y que las nieblas contiene una notable proporcion de amoniaco (muchos miligramos por litro de agua) que existe en estado volátil en la Atmósfera, del cual se apodera, y al que arrastra al suelo oponiéndose luego á su volatilizacion que se verifica siempre despues de las lluvias sobre todo de las lluvias calientes.

Si la Tierra, como sucede comunmente, ha sufrido antes de que caiga la nieve la accion de una fuerte helada, capaz de matar los insectos nocivos todas las probabilidades están en favor de un año fértil.

En su origen, es decir, en las nubes beladas de las alturas de la *Atmósfera*, la nieve está formada de filamentos de hielo estremadamente sùtiles. Cuando las gotitas de agua que forman las nieblas y las nubes ordinarias se congelan — lo cual no sucede sino con frios de 20 y de 30° — bajo la influencia de altas latitudes ó de corrientes glaciales, es probable que estas gotitas no conserven su estado esféroidal sino que caigan un instante, y tomen la forma de un filamento que se hiela en el momento mismo de su transformacion física. En virtud de las leyes de cristalización, estos filamentos de hielo se sueldan segun ángulos de 60°, y toman las formas de la nieve, innumerables, pero dependientes todas del mismo tipo geométrico. Estas nubes de nieve descienden luego con mas ó menos lentitud en su *Atmósfera* tranquila y se dilatan ó se contraen, segun las condiciones de temperatura á que están sometidas. De este modo considero yo que debe formarse la nieve pero sin afirmarlo, porque nadie ha asistido todavía directamente á esta formacion, y apesar de mis muchos deseos no he podido elevarme nunca en globo hasta el origen de una nevada (1).

La construccion de los copos de nieve ha llamado siempre la atencion de los observadores. Keplero habla con admiracion de su estructura y otros físicos han procurado investigar su causa; pero solamente desde la época en que se ha aprendido á conocer las leyes de la cristalización en general (por ejemplo las del azufre, sal etc), ha sido posible derramar alguna luz sobre este objeto.

(1) Mr. Glaisher, en su ascension del 26 de junio de 1863, encontró á 4 500 metros una nube de nieve inmensa; porque se estendia en un espesor de 1 800 metros. Era una escena verdaderamente admirable. Aquella nieve estaba compuesta de cristalitós perfectamente visibles, extraordinariamente delicados. Se veian sus puntas separarse unas de otras, segun dos sistemas de cristalización, porque los intervalos angulares eran unos de 60° y los otros de 60 + mas 30 ó de 90°. Había una multitud de formas variadas que era fácil reconocer, recogiéndolas sobre una manga de la levita.

Cuando la nieve dejó de caer, los aeronautas no estaban mas que á 10 000 pies del suelo, y entraban en una espesa niebla de la cual no pudieron salir hasta que llegaron á tierra.

Sabemos por la geometría que de todos los polígonos inscritos en un círculo no hay mas que uno cuyos lados sean iguales al radio del círculo: este es el exágono regular ó figura de seis lados. Pues bien, esta figura geométrica sencilla y completa es la que al parecer prefiere la naturaleza á todas las demás. La abeja y la abispa la construyen en sus panales, y el ingenioso insecto que produce la miel ha resuelto además el gran problema geométrico de «procurar el mayor espacio con la menor cantidad de materia posible» haciendo que el fondo de su exágono sea una pirámide formada por tres rombos iguales. El exágono es la figura que se vé con mas frecuencia en las flores campestres y es la que encontramos también en las cristalizaciones del hielo y de la nieve analizando todas las formas que estas presentan.

La tendencia del hielo á tomar formas cristalinas se hace sensible á primera vista por los dibujos de hojas de helecho que se observan en las vidrieras de las habitaciones, en invierno, cuando el agua se congela en ellas. Todo el mundo ha visto esos cristales arborescentes en las ventanas de las habitaciones poco caldeadas, formando muchas veces figuras fantásticas, cuya idea analítica representa el dibujo adjunto. Las líneas nacen, se prolongan, se multiplican como ramas y se extienden por la superficie del vidrio formando siempre ángulos de 60° .

Si tomamos un trozo grueso de hielo y le fundimos lentamente en el foco de un haz de luz eléctrica, podremos proyectando el trozo sobre una pantalla, distinguir las moléculas de hielo que se separan mas de otras y dejan ver su estructura geométrica. La fuerza de cristalización habia agrupado silenciosa y simétricamente unos átomos sobre otros: el haz eléctrico los desagrega simétrica y silenciosamente. «Observen ustedes esta imágen, decia John Tyndall en una de sus esplicaciones en el Instituto Real de Inglaterra, observen ustedes esta imágen cuya hermosura está todavía muy lejos del efecto real. Aquí se dibuja una estrella, mas allá otra y á medida que la accion continúa, parece que el hielo se vá descomponiendo en mas y mas estrellas todas de seis rayos y todas semejantes á una hermosa

flor de seis pétalos. A medida que acerco ó que separo el lente, descubro nuevas estrellas; y á medida que la accion se prolonga los bordes de cada una de ellas se dentellean y aparecen en el vidrio raspado como hojas de helechos. Pocas personas de las que están presentes, tendrian probablemente idea de las bellezas que encierra un pedazo de hielo ordinario; y sin embargo, la naturaleza ha prodigado esa hermosura por el mundo entero. Cada uno de los átomos que

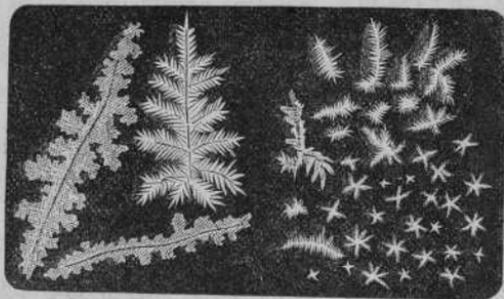


Fig. 59.—Arborescencias de la nieve en las vidrieras.

forman la capa sólida que cubre los lagos helados del Norte, se ha unido á los demás en virtud de esta misma ley. La naturaleza ha dispuesto sus rayos con una gran armonía y la mision de la ciencia no es otra que la de purificar bastante nuestros sentidos para que podamos apreciar esas armonías.»

El exámen de las formas de la nieve nos causa impresiones no menos vivas sobre la existencia de la geometría, del número y de la hermosura de las obras de la naturaleza. No son solamente algunas flores de hielo como las indicadas las que se han podido descubrir y dibujar en los ligerísimos copos de la nieve, sino *mas de un centenar* de especies distintas, formadas todas sobre la base de ese mismo ángulo fundamental de 60°. El capitán Scoresby en sus viajes á los mares del polo, ha podido estudiar un total de 96 y

las ha representado en un dibujo que reproducimos en parte á continuación. Kaëintz añade á estas 96 combinaciones diferentes del mismo ángulo, que él, por su parte, ha encontrado otras veinte por lo menos y que las variaciones se elevan probablemente á muchos cientos. «¡Quién no ha de admirar, esclama, el poder infinito de la naturaleza que ha sabido crear tantas formas diversas en un cuerpo de

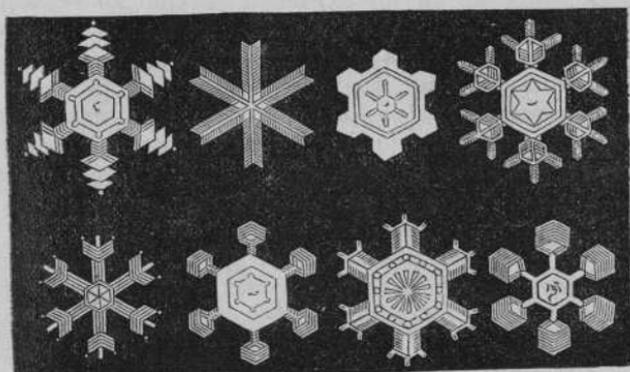


Fig. 40.— Algunas figuras de los copos de nieve.

tan pequeño volumen!» (*Meteorología* traducida por Ch. Martins, p. 121).

La segunda forma (fig. 40) es la mas frecuente; tiene ordinariamente 2 milímetros de diámetro y se produce cuando la temperatura está próxima á 0°. Los exágonos no pasan de 3 diez milímetros y se producen durante los frios mas intensos. Los copos formados por núcleos y agujas radiadas que se producen á temperaturas algo inferiores á 0° tienen hasta 4 y 5 milímetros de diámetro.

Cuanto mas intenso es el frio tanto mas pequeños son los copos de nieve. En las regiones polares, cuando hace un frio de 20°, se presenta en estado de polvo. Este hecho se ha observado tambien algunas veces en nuestras latitudes: durante el invierno de 1829 á 1830 en Iverdun (Suiza)

cayó el 1.º de Febrero esta nieve que se llama *potar*, con un frío de 20º.

En algunas ocasiones caen cantidades de nieve muy considerables. El año 1850 entre otros, se hizo notable en Europa por sus grandes nevadas. La nieve formó un lecho de 45 pies en el monte de San Bernardo, y los monjes tuvieron que abrir sendas á través de sus capas amontonadas para poder salir del convento. Toda el Ática se cubrió hasta la altura de un metro; fenómeno que no se había presentado segun dicen las relaciones, en todo el tiempo de que hay memoria: las montañas Himeto, Pentéli, y Parnés (1) solo aparecian como un lecho blanco y sin ondulaciones mas marcadas que las de la estensa llanura de las Olivas. En Nápoles, en Ardenes, en Luxemburgo, en Córcega y en Constantinopla nevó abundantemente en las calles hasta el punto de interceptar las comunicaciones y de hallarse en los caminos muchas personas heladas.

En los países boreales, en Siberia, las tempestades de nieve son mas aterradoras aun y mas funestas que la intensidad del frío. Estos temporales duran de uno á tres dias, dice Humboldt, y la Atmósfera se oscurece por la masa de nieve que cae ó que levantan del suelo los vientos. En 1827 todos los rebaños de la tribu interior de los Kirghiz, entre la estremidad de los Urales y el Volga, fueron arrastrados por un temporal hácia Saratow. Con aquel motivo perecieron 280 500 caballos, 30 400 vacas y bueyes, 10 000 camellos y mas de un millon de ovejas.

Horrores semejantes, aunque en menor escala, se han hecho sentir tambien en los climas templados. El 8 de Enero de 1848 un convoy que iba desde Aumale á Argel, se vió sorprendido en las alturas de Sak-Hamondi por una tempestad de nieve que precipitó las caballerías por los barrancos y que en menos de un cuarto de hora causó la muerte de 14 hombres de los 44 que formaban la expedicion.

La nieve cae á veces en copos tan abundantes, que de-

(1) Montañas del Ática: la primera se conoce hoy con el nombre de Trelo-Vounó ó Dely-Dagh.

trás de los primeros planos forma un velo blanco y nebuloso bastante espeso para ocultar el paisaje. Estas nevadas tan intensas se presentan principalmente en los países elevados de Asia ó de los Andes, en donde los han observado frecuentemente las caravanas. Los caminos se ocultan muy pronto bajo el movable sudario que los recubre, es muy difícil orientarse, y del mismo modo que en las nevadas mas raras de nuestros países se pierden los viajeros en el monte de San Bernardo y en las llanuras de Francia y acaban por dormir el último sueño, en las mucho mas frecuentes de esos páramos el viajero se detiene, perdido, cae por los derrumbaderos si busca el camino que debe seguir y si espera quieto, se aletarga y frecuentemente no puede escapar con vida del terrible meteoro que termina por sepultarle.

Se ha tratado de determinar la densidad de la nieve, y se han obtenido resultados diversos. Sedilcau habia hallado que generalmente la nieve al fundirse se reduce á un volumen cinco ó seis veces menor. La Hire confirmando esta observacion añade que en 1711 habia hecho observaciones sobre una nieve que al fundirse se habia reducido á la duodécima parte de su volumen. Musschenbrock por su parte asegura haber visto en Utrecht una nieve de forma regular que era veinte veces mas ligera que el agua. Posteriormente á las investigaciones de estos físicos no hay mas observaciones especiales que las de Mr. Quetelet, de las cuales resulta que la densidad de la nieve se puede considerar por término medio, como la décima parte de la del agua. Por medio de este dato puede calcularse con bastante exactitud la altura de la nieve caída en las circunstancias mas notables.

La mayor nevada que se ha conocido en Bruselas ha sido de la de los dias 16 y 17 de Febrero de 1843: el agua recogida en 24 horas era 18^{mm}, 21; del 15 al 16 fue de 14^{mm}, 13, lo cual equivale en 48 horas á mas de 32 centímetros de nieve. El viento soplabá del N. E.; el termómetro se mantenía á menos de 6°, y el barómetro estaba muy bajo: 735 milímetros.

En Enero de 1870 la nieve alcanzó una altura de un

metro y hasta de 1^m,60 en Collioure (Pirineos Orientales) en los terrenos de M. Naudin del Instituto. Desde 1804 no se habia conocido en aquel pais una nevada tan grande. Todos los olivos y los naranjos se perdieron.

En las mañanas de invierno, de otoño, y de primavera se forma una nieve muy ligera alrededor de las ramas humedadas de los árboles y de los tallos de las plantas, cuando la temperatura del aire es inferior á 0. Esta nieve se llama *escarcha* y podria decirse que es el rocío helado cuyos encajes, maravillosos á veces, dan á los paisajes de Invierno esa mezcla particular de severidad y de melancolía que los caracteriza. La escarcha se forma de preferencia en las mañanas en que hay niebla y es muy frecuente que el Sol no llegue á fundir esas ligeras estalactitas vegetales depositadas por la humedad de la Atmósfera, hasta despues de medio día. La formacion de la *escarcha* se explica del mismo modo que la formacion del rocío de la cual hablaremos mas adelante.

Las tempestades ván muchas veces acompañadas de una lluvia de nieve mas densa y mas fina que la nieve ordinaria, que se llama en francés *grésil* (1). Estas gotas heladas de agua, no han salido probablemente de las nubes bajo la forma de nieve, sino que se han helado al caer, y no presentan por lo tanto las formas simétricas que hemos admirado en la nieve. Tal vez proceden de nieve dispersada por golpes de viento repentinos y cálidos. Este fenómeno se presenta al fin del invierno y en los aguaceros de marzo. Esta especie de nieve entra en el número de los meteoros acuosos producidos por el frio. El granizo, que se parece á esta clase de nieve en grande, difiere de ella sin embargo por su origen; y ya le estudiaremos en los capítulos especiales de las lluvias y las tempestades.

Cuando la lluvia llega en estado líquido á un suelo cuya superficie se encuentra á una temperatura inferior á la del hielo el agua se congela y produce una capa resbaladi-

(1) En español no hay adoptada una voz para designar esa especie de nieve, que podria llamarse y se llama en algunas provincias *nevisca*.

(N. del T.)

za sobre el suelo y muchas veces sobre las plantas y los objetos que existen en él. Esta capa se llama *sereno* y se observa dos ó tres dias en cada Invierno en París y con alguna mas frecuencia en el campo, cuyo suelo tiene siempre menos temperatura que el de las ciudades.

Lleguemos ya al principal fenómeno del Invierno: á la formacion del hielo.

Cuando la temperatura se mantiene durante algun tiempo inferior á 0, las aguas *tranquilas* se hielan por su superficie. Unas arruguitas empieza á poner mate esta superficie, y forman una película delgada que engruesa y blanquea si el frio continúa. La teoría se esplica por sí misma en virtud del equilibrio de capas de agua de diferentes densidades.

Si se vierten mezclados en un vaso varios líquidos de diferentes densidades y que no tengan afinidad química, el mas pesado acaba por ocupar el fondo y el mas ligero queda en la superficie.

Todos los cuerpos aumentan de densidad cuando la temperatura disminuye: el agua es la única que en una pequeña estension de la escala termométrica ofrece una escepcion curiosa á esta regla general. Tomemos agua á 10° y hagamos que se enfrie gradualmente; á 9° encontraremos que tiene mas densidad que á 10; á 8 mas densidad que á 9; á 7 mas densidad que á 8 y asi sucesivamente hasta 4°. En este límite cesa la condensacion y al pasar de 4° á 3 se observará una disminucion sensible de densidad, que continuará cuando la temperatura baje de 3° á 2, de 2 á 1 y de 1 á 0. En resúmen el agua tiene un máximo de densidad que no coincide con el punto de su congelacion y que está á 4° sobre 0.

Nada mas sencillo que determinar con este dato el modo con que se verifica la congelacion del agua estancada.

Supongamos que en el momento en que el viento del Norte hace que empiece á helar, toda la masa de agua esté á 10°. El enfriamiento del líquido por el contacto del aire glacial se efectua de fuera á dentro. La superficie que segun la hipótesis estaba á 10° se pondrá muy pronto á 9; pero á 9° el agua es mas pesada que á los 10 y por consi-

guiente caerá al fondo de la masa y será reemplazada por una capa que aun no se haya enfriado y que por lo tanto estará á la temperatura de 10° . Con esta á su vez sucederá lo mismo que con la primera y asi sucesivamente hasta que al cabo de un tiempo mas ó menos largo la masa de agua entera esté á 9° .

El agua á 9° se enfriará precisamente como el agua á 10° por capas sucesivas, cada una de las cuales perderá á su vez un grado de calor. El fenómeno se reproducirá con las mismas circunstancias á 8° , á 7° á 6° y á 5° , pero cuando se llegue á 4° , el fenómeno será distinto.

En efecto á 4° el agua habrá llegado á su máximo de densidad. Cuando la accion atmosférica haya quitado 1° de calor á la capa superficial y la haya puesto á 3° esta capa será menos densa que la masa que se encuentra bajo ella y por consiguiente permanecerá en su sitio aunque descienda su temperatura, porque á 2° el agua es menos densa que á 3° etc.

Permaneciendo siempre en la superficie exterior espuesta á la accion refrigerante de la atmósfera, esa capa perderá muy pronto 4° mas de calor y llegando á 0° se congelará.

En aquel momento la capa superficial de hielo, por extraño que parezca el fenómeno se encontrará encima de una masa líquida, cuya temperatura, al menos en el fondo, es de 4° sobre 0 (1).

(1) El modo con que el autor se espresa en este párrafo puede inducir al error de creer que la capa de hielo insiste inmediatamente sobre otra cuya temperatura es bastante superior á cero, y debe tenerse en cuenta que la accion refrigerante de la atmósfera se ejerce sobre la masa líquida al través de la capa superficial, y que á medida que desciende la temperatura de esta, baja tambien la de todas las capas próximas á ella. No hay, pues, motivo alguno para que parezca extraño el fenómeno de que la masa de agua esté á 4° de temperatura en el fondo y á 0° en la superficie, porque estas diferencias y otras mucho mayores en pequeños espacios, se observan á cada paso. Todos hemos visto á los herreros trabajar las barras de hierro teniéndolas al rojo blanco, es decir á 1500° de temperatura por uno de sus extremos, mientras que á poca distancia se encuentran á una temperatura menor de 300° , que es á la que empieza el hierro á ponerse rojo; y las personas que asisten á los laboratorios han podido observar que un hilo de platino, metal menos conductor que el hierro, se tiene en la mano sin molestia á 5 ó 6 centímetros de distan-

La congelación del agua tranquila no se puede verificar evidentemente de otra manera.

Los ríos y las aguas corrientes no se hielan por la superficie como las aguas tranquilas sino por la reunión de los témpanos flotantes que arrastran en los días de mucho frío.

En los cursos de agua pequeños, como por ejemplo en los arroyos de algunos metros de anchura, el hielo se empieza á formar á lo largo de las orillas, va ensanchando y acaba por llegar al medio.

En los ríos, el hielo que se forma en las orillas no puede adherirse á ellas tan fácilmente, á causa del movimiento de las aguas, y no podría resistir y estenderse hasta cubrir por completo el río; pero *en el fondo de este* se forman placas de hielo, y estas placas irregulares se destacan y suben pronto á la superficie, en virtud de su menor densidad.

El agua no se encuentra, pues, en capas sucesivas de densidad decreciente hácia arriba en los cursos de agua, cuyo movimiento incesante origina remolinos y cascadas: el agua menos densa no se halla constantemente en la superficie; las corrientes la mezclan con el resto de la masa y hacen que la enfrie, poniéndola muy pronto toda ella á la misma temperatura.

Mientras que en una masa de agua estancada el fondo no puede bajar de 4° (1) en una masa agitada la superficie el centro y el fondo pueden hallarse simultáneamente á cero.

cia del punto en que se encuentra enrojecido. No es, pues, de extrañar que en una masa de agua de alguna consideración exista esa diferencia del fondo á la superficie. Y si la altura no es mucha puede asegurarse que la capa inferior no estará á 4° sino á una temperatura mas baja, sin que por esto haya debido variar su posición respecto á las demás que hallándose siempre mas próximas á cero á medida que se aproximan á la superficie, tendrán menos densidad, aunque la de esta no llegue al máximo. En estanques poco profundos es frecuente en nuestras latitudes que se congele toda la cantidad de agua que contienen, y bien se comprende que cuando las últimas capas del fondo estén próximas á helarse tendrán menos de 4° de temperatura.

(N. del T.)

(1) Véase la nota anterior.

Cuando existe esta uniformidad de temperatura, la congelacion se verifica por el fondo y no por la superficie. ¿Por qué? Hé aquí la respuesta de Arago:

Para acelerar la formacion de cristales en una disolucion salina basta introducir en ella un cuerpo puntiagudo ó de superficie desigual. Alrededor de las asperezas de este cuerpo se depositan preferentemente los cristales, que aumentan con mucha rapidez. Todo el mundo puede asegurarse de que sucede lo mismo con los cristales de hielo, y de que si el vaso en que se quiere hacer la congelacion tiene una hendidura, un saliente, una solucion cualquiera de continuidad, estas irregularidades forman otros tantos centros alrededor de los cuales se agruparán de preferencia los cristales.

Lo que acabamos de decir es precisamente la historia de la congelacion de los rios. La congelacion empieza en el lecho donde se encuentran rocas, cantos, raices, yerbas, etc.

Una circunstancia que representa tambien al parecer su papel en este fenómeno es el movimiento del agua. En la superficie el movimiento es muy rápido, muy brusco y debe impedir la agrupacion simétrica de las agujas, ese arreglo sin el cual los cristales, cualquiera que sea su naturaleza, no adquieren ni regularidad, ni solidez. Si se presentan cristales rudimentarios debe romperlos. En el fondo existe movimiento como en la superficie, pero debe estar muy disminuido, y por consiguiente no debe suponerse que impida á la larga que una porcion de filamentos de hielo se adhieran unos á otros confusamente y de modo que formen una especie de hielo esponjoso.

La congelacion de los rios en virtud de la soldadura de los témpanos que arrastra la corriente es visible para todo aquel que observe con un poco de atencion; pero ademas se ha demostrado en París, durante el invierno notable de 1709 que el arrastre de los témpanos es circunstancia indispensable para la congelacion: en ese año no se heló el Sena al contrario de lo que sucedia en otros inviernos menos rigorosos; la violencia del frio heló de repente y por completo los arroyos que desembocan en el Sena, por cima

de París, y por consiguiente el río arrastró poco y se mantuvo constantemente libre en el centro de la corriente.

Los ríos no se empiezan á congelar hasta que la temperatura desciende hasta 6° próximamente. Los ríos caudalosos exigen, para helarse de orilla á orilla, una temperatura tanto mas baja cuanto mas rápida es la corriente. A medida que se prolongan los rigores del frío, aumenta el espesor de la capa de hielo, y llega á adquirir tal consistencia que pueden pasar sobre él hombres y carruajes, en tales términos que el hecho de verificarse estos transportes es la prueba, casi la medida, de la intensidad del Invierno. Es interesante por lo tanto, conocer el espesor que debe tener el hielo para soportar determinadas cargas. Segun los experimentos se ha reconocido que el hielo necesita un espesor de 5 centímetros para sostener un hombre, y de 9 para que pase con seguridad sobre él un ginete; cuando llega á 13 centímetros, puede resistir cañones de á 8 en cureñas sin ruedas, y cuando asciende hasta 20 puede pasar sobre él la artillería de campaña enganchada. Los carruajes mas pesados, un ejército, una gran multitud, están seguros sobre una capa de hielo cuyo espesor llegue á 27 centímetros.

En 1795 la caballería francesa se apoderó de la escuadra holandesa enclavada en el Texel, que estaba helado. En los inviernos muy rigorosos el hielo no alcanza en los ríos de Rusia el espesor de 1 metro; en Francia no ha llegado nunca á mas de 66 centímetros. Su resistencia es tal, que en 1740 se construyó en San Petersburgo un elegante palacio de hielo de 16^m 88 de longitud, 5^m 19 de anchura y 6^m 49 de altura. Los cimientos del edificio resistian perfectamente el peso de la techumbre y de las partes superiores. Delante de él se colocaron seis cañones de hielo con sus cureñas de la misma sustancia, y se hicieron disparos con bala. Cada pieza atravesó á sesenta pasos una tabla de 54 milímetros de grueso. Los cañones tenian un espesor de 108 milímetros y estaban cargados con un cuarteron de pólvora. No reventó ninguno de ellos. El Neva suministró los materiales que se emplearon en este extraño edificio.

Hemos dicho que cuando el agua se congela, aumenta

de volúmen; una consecuencia y una prueba de esta dilatacion es la rotura de las vasijas que la contienen, rotura que se produce con tanta mayor facilidad cuanto mas rápida es la congelacion y la vasija mas estrecha por la parte de arriba. Huyghens, para probar cuán grande es el efecto debido á la congelacion, tomó un cañon de hierro de un dedo de espesor, lleno de agua y bien cerrado: le abandonó á la accion de una gran helada, y al cabo de 12 horas el cañon reventó por dos partes con un gran ruido. Este experimento se repite todos los dias en los cursos de fisica, haciendo bajar la temperatura por medios artificiales. Los académicos del Cimento hicieron que se rompieran muchos vasos por este medio, y Musschenbroeck calcula que en uno de estos casos se necesitó un esfuerzo de 27 720 libras. En Quebec, el comandante de artillería E. Williams, llenó de agua una bomba de 13 pulgadas de diámetro, y despues cerró el agujero de la espoleta con un tapon de hierro que entraba forzado. Expuso la bomba á un frio enérgico, se heló el agua, y proyectó el tapon á mas de 400 pies saliendo por el orificio un cilindro de hielo de 8 pulgadas de longitud. En otro experimento el tapon resistió, pero se rajó la bomba y salió por la grieta una lámina de hielo.

Indicado esto, debe parecer muy natural que el hielo levante las losas de las calles, reviente los tubos de las cañerías, etc. Entonces es cuando dice el proverbio, que *hiela hasta romper las piedras*.

Las piedras llamadas *heladizas* que se rompen cuando hiela mucho, deben esta propiedad á la circunstancia de ser muy porosas; sus poros se llenan de agua, y esta al congelarse rompe la piedra que la contiene. Muchos vegetales mueren durante el invierno porque el agua contenida en sus vasos se congela y al dilatarse desgarrá los tejidos. Uno de los ejemplos mas desastrosos de esta accion nos le presentan las patatas, ese alimento que se ha hecho tan comun, y el cual experimenta por el hielo una alteracion bastante profunda para modificar su constitucion fisica. Todo el mundo sabe que adquieren por esta causa un sabor sumamente desagradable, que hace que las rechacen hasta

los animales, y que es casi imposible despues del deshielo separar la fécula, no obstante que no se ha alterado la composicion química.

Completemos este capítulo con una revista general de los inviernos mas rigorosos.

Es difícil decidir á qué grado del termómetro conviene limitar la definicion del frío rigoroso. Por regla general nos inclinamos á juzgar el frío que experimentamos nosotros mismos mas severamente que aquel que han sufrido nuestros padres, y cuando la temperatura baja, aunque no sea mas que á 10° bajo 0, por ejemplo, creemos que nunca han existido en Francia semejantes inviernos. En este libro no consideraremos como inviernos rigorosos mas que aquellos en que el frío es bastante intenso y bastante dilatado para congelar por completo algunas secciones de rios caudalosos, como el Sena, el Saona y el Rhin; para solidificar el vino, para destruir los tejidos de ciertos árboles, y para producir graves consecuencias en el reino vegetal y en el reino animal.

He aquí, entre los inviernos memorables los que han sido mas crudos desde hace cien años. Empezaremos por hacer observar que los inviernos mas crudos de los siglos pasados han sido los de 1544, 1608 y 1709, en cuyo último año el termómetro del Observatorio de París llegó á marcar -23° , 1. Despues se presenta como escepcional por los frios rigorosos que se sintieron en él, el año 1776. El Tiber, el Rhin, el Sena, el Saona, y hasta el Ródano apesar de su rapidez, se congelaron casi completamente. En París se heló el vino en las cuevas y reventó los toneles: en los bosques se oía á los árboles hendirse y estallar ruidosamente, y hubo muchos viajeros que murieron de frío en los caminos y quedaron sepultados en el sudario de nieve que cubria el suelo por todas partes.

Despues de 1776 llegamos al invierno de 1788 á 1789, precursor de la revolucion. Este invierno fue uno de los mas rigorosos y mas largos que han maltratado la Europa. En París comenzó el frío el 25 de noviembre, y duraron las heladas 50 días consecutivos, si se exceptua uno solo (el 25 de diciembre) en que dejó de helar. El deshielo empezó el 13 de enero; se midió un espesor de nieve de 0m,65. En el canal gran-

de de Versalles, en los estanques y en muchos rios, el hielo llegó á adquirir un grueso de 0m,60: el agua se heló tambien en algunos pozos muy profundos y el vino se congeló en las bodegas. El Sena empezó á helarse el 26 de noviembre de 1788; durante muchos dias se interrumpió la corriente y no se desheló hasta el 20 de enero. La temperatura mas baja observada en Paris fue la de $-21^{\circ},8$ el 31 de diciembre. No fue menos intenso el frío en las demás partes de Francia y en el resto de Europa. El Ródano se congeló completamente en Lyon: el Garona se heló en Toulouse; en Marsella se cubrieron de hielo las orillas de la euenca, y las aguas próximas á las costas del Océano se solidificaron en una extension de muchas leguas. En el Rhin se formó un hielo tan grueso que pudieron atravesar el rio carruajes cargados. El Elba tambien se congeló y pasaron sobre él carruajes de transporte. En el puerto de Ostende se podía transitar por el hielo á pie y á caballo; y el mar estaba helado hasta cuatro leguas de distancia de las fortificaciones de esta ciudad, á la cual no podía aproximarse ninguna embarcacion. El Támesis se heló hasta Gravesent, seis leguas por bajo de Lóndres, y durante las fiestas de Navidad y 1.º de año el rio se cubrió de tiendas.

Hé aquí las temperaturas mas bajas observadas en diferentes localidades:

Basilea (Suiza) el 18 de diciembre.	$-37^{\circ},3$
Brema (Alemania) el 16 id.	$-35,6$
Varsovia (Polonia) el 18 id.	$-32,5$
Dresde (Alemania) el 17 id.	$-32,1$
Eosberg (Noruega) el 29 id.	$-31,3$
San Petersburgo el 12 id.	$-30,6$
Berlin (Prusia) el 28 id.	$-28,8$
Strasburgo el 31 id.	$-26,3$
Tours el id. id.	$-25,0$
Lons-le Saulnier el id. id.	$-24,0$
Troyes el id. id.	$-23,8$
Orleans el id. id.	$-22,3$
Lyon el id. id.	$-21,9$
Rouen el 30 id.	$-21,8$
Paris el 31 id.	$-21,8$
Grenoble el id. id.	$-21,2$
Angulema el id. id.	$-18,7$
Marsella el id. id.	$-17,0$

El frío de este invierno maltrató cruelmente á las personas y los animales, y las plantas sufrieron tambien de un modo grave. En la comarca de Tolosa se heló el pan en casi todas las casas y no era posible cortarle sino despues de haberle acercado al fuego. Muchos viajeros perecieron entre las nieves; en Lemberg, en Galitzia murieron de frío en tres dias 37 personas hácia el fin de diciembre. Los pájaros que ordinariamente habitan en el Norte se presentaron en muchas provincias de Francia, y en casi todos los estanques pereció la pesca en atencion á la profundidad que alcanzó el hielo.

1791-1795.—Este invierno fue notablemente largo y rigoroso en toda

Europa. En París heló 42 días consecutivos; el 25 de enero hizo el frío mas fuerte que se ha observado nunca, bajando el termómetro hasta — 23°.5. En Londres se verificó el mismo día el mínimo de temperatura, y fue de — 139,3: á las 12 de la noche en las orillas del Ródano, cerca de Ginebra, fue de 14°. El Mein, el Escalda, el Rhin y el Sena se helaron hasta el punto de permitir que en muchos sitios los atravesaran carruajes y cuerpos de ejército. El Támesis se congeló en los primeros días de enero en las cercanías de White-Hall, á pesar de la altura de la marea. Pichegru envió el 20 de enero al Norte de Holanda destacamentos de caballería y de artillería ligera con orden á la caballería de atravesar el Texel, aproximarse á la escuadra holandesa, á la que el hielo habia sorprendido aislada, y *apoderarse de ella*. La caballería francesa atravesó al galope las llanuras de hielo, llegó á los barcos, les intimó la rendición, se apoderó de ellos sin combate, é hizo prisionera la armada holandesa!

1798-1799.—El frío durante este invierno, fue muy rigoroso en toda Europa. En París heló durante 32 días consecutivos y el Sena estuvo completamente congelado desde el 29 de diciembre hasta el 19 de enero, en todo el espacio que media entre el puente de la Tournelle y el Puente Real, pero sin que el hielo tuviera fuerza bastante para sostener á un hombre. La temperatura mas baja que se observó fue de — 17°.6 el 10 de diciembre de 1798. En Chaillot mataron un águila de los Alpes. El Mosa, el Elba y el Rhin se helaron mas sólidamente que el Sena; el Mosa se podia atravesar en carruaje; en el Haya y en Rotterdam se establecieron sobre el río tiendas de comercio y toda clase de espectáculos públicos. Un regimiento de dragones que habia salido de Maguncia atravesó el río sobre el hielo, en vez de pasar por el puente de Cassel, que habia sido preciso levantar.

1812-1813.—Este invierno no se olvidará nunca por los terribles desastres que experimentó el ejército francés en su retirada á través de las heladas estepas de la Rusia, despues de la toma y del incendio de Moscou. El frío empezó á hacerse sentir muy temprano en toda Europa. En todas partes el mínimo de temperatura no solo de aquel invierno sino de los dos años 1812 y 1813, se verificó en diciembre de 1812. Las primeras nevadas cayeron en Moscou el 13 de octubre: la retirada del ejército empezó el 18. Napoleón salió de la capital del imperio moscovita el 19 y la evacuacion completa de la ciudad se hizo el 23. El ejército se puso en marcha hácia Smolensko, sin que dejara de nevar: los frios se hicieron estremadamente rigorosos desde el 7 de noviembre; el 9 marcó el termómetro — 15°; el 17 la temperatura descendió, segun Larrey que llevaba un termómetro colgado del ojal, á — 26°.2. El valiente cuerpo de ejército del mariscal Ney, dice Arago, se libró del ejército ruso que le cercaba por todas partes, atravesando durante la noche del 18 al 19 de noviembre el Dnieper helado. La víspera otro cuerpo de ejército ruso con su artillería habia pasado el Dwina sobre el hielo. Pero aminoró algun tanto el frío y empezó el 24 un deshielo que no continuó, y que hizo que durante los días 26, 27, 28 y 29, en que se verificó el laborioso y trágico paso del Berezina el agua arrastrara enormes témpanos sin presentar por ningun punto paso para el ejército. Poco despues volvió á

aumentar muchísimo el frío; el termómetro marcó de nuevo — 25° el 30 de noviembre; — 30° el 3 de diciembre, y — 37° el 6 de diciembre en Molodetschno; al día siguiente de aquel en que Napoleón salió de Smorgoni y abandonó el ejército después de redactar la 29.ª comunicación en la que daba cuenta á la Francia de una parte de los desastres ocurridos en aquella terrible campaña.

Los efectos del frío rigoroso á que se vieron sometidos de repente los soldados, casi desnudos, se deben indicar aquí como ejemplo de la acción de las temperaturas muy bajas sobre los seres animados. Primeramente el ejército se vió acometido por las espesas nevadas de principios de noviembre. «Mientras los soldados se esfuerzan, dice M. de Segur, para abrirse paso al través de aquellos torbellinos de viento y de escarcha, los copos de nieve, impulsados por la tempestad, se detienen y se amontonan en todas las cavidades del terreno: su superficie oculta profundidades desconocidas que se abren á nuestro paso. Allí se hunden algunos hombres, y los mas débiles se acobardan y quedan sepultados. Los que les siguen se separan de aquel camino: pero la tormenta les azota el rostro con la nieve que cae del cielo y con la que levanta de la tierra; sus vestidos mojados se hielan sobre su cuerpo, y aquella cubierta de hielo les entumece y paraliza todos sus miembros. Un viento agudo y violento les corta la respiración, se apodera de ella en el momento en que la exhalan y rodea su boca por todas partes de carámbanos que cuelgan de los pelos de su barba. Los desgraciados continúan aun su marcha dificultosa tiritando, hasta que la nieve, que se adhiere á sus pies en forma de piedras, cualquier despojo de los que les preceden, una rama, ó el cuerpo de uno de sus compañeros, los hace vacilar y caer.

«Una vez en el suelo, en vano piden auxilio: bien pronto los cubre la nieve y apenas puede reconocérselos por las pequeñas eminencias que forman sus cuerpos: aquella es su sepultura. Todo el camino está lleno de aquellas ondulaciones como un campo funerario. Los mas intrépidos y los mas indiferentes se afectan; y pasan á su lado con rapidez y volviendo los ojos. Pero delante de ellos y á su alrededor todo es nieve: su vista se pierde en aquella inmensa y triste uniformidad; su imaginación se extravía: aquello parece un inmenso sudario con que la naturaleza quiere envolver al ejército. Los únicos objetos que se destacan son pinos, sombríos y cipreses con su fúnebre verdura, la gigantesca inmovilidad de sus negros troncos, y la gran tristeza que completa aquel aspecto desolado de un luto general, de una naturaleza salvaje y de un ejército moribundo en medio de un país muerto. Todo, hasta sus armas, ofensivas en otros días, y sólo defensivas desde hace algun tiempo, se vuelven contra ellos. Ofrecen á sus entumecidos brazos un peso insoportable; en las muchas veces que se enen se les escapan de las manos y se rompen ó se pierden entre la nieve. Los que se levantan no las recogen; pero no es porque las pierdan voluntariamente, sino porque el hambre y el frío se las arrancan. Sus dedos se hielan sobre el fusil, y siguen, sin embargo, llevándole al hombro á pesar de que les quita el movimiento necesario para mantener en su cuerpo un resto de calor y de vida.»

Un médico mayor del ejército, M. Renato Burgeois, ha descrito en los siguientes términos los atroces sufrimientos causados por aquellos frios.

«Los zapatos de los soldados, quemados por la nieve, se rompieron

muy pronto. Era preciso rodearse los pies con harapos, con trozos de mantas y con pieles de animales que se ataban con cuerdas. El frío helaba inmediatamente las partes que quedaban descubiertas. Lo que hacía sus estragos mas funestos aun, era que al llegar cerca de las hogueras, se aproximaban imprudentemente las partes heladas, y como habian perdido su sensibilidad, no podian sentir la impresion del calor que las consumia. Muy lejos de experimentar el alivio que buscaban, la accion súbita del fuego producía vivísimos dolores y determinaba inmediatamente la gangrena.

«Todas las facultades se habian aniquilado en la mayor parte de los soldados: la certidumbre de que iban á morir les impedia hacer ningun esfuerzo para salvarse. Muchos de ellos estaban en un verdadero estado de demencia, con los ojos fijos y la mirada torva: marchaban como autómatas en el mas profundo silencio. Ni los ultrajes ni los golpes podian hacerlos volver en sí. Para no sucumbir era preciso un ejercicio continuo, que tuviera constantemente el cuerpo en un estado como de efervescencia y que repartiase por todas sus partes el calor natural. Si alguno rendido de fatiga se abandonaba por desgracia al sueño, no oponiendo las fuerzas vitales mas que una resistencia muy débil, se establecía pronto el equilibrio entre su cuerpo y aquellos que le rodeaban, y no pasaba mucho tiempo sin que segun la acepcion rigurosa del lenguaje físico, se le helase la sangre en las venas. Cuando á consecuencia de fatigas anteriores no era posible sobreponerse á la necesidad de dormir, la congelacion se estendia á todo el cuerpo, y sin aperebirse de ello se pasaba de aquel sopor letárgico á la muerte.....

«Los soldados bisonos que acababan de incorporarse al gran ejército, acometidos repentinamente por la accion de aquel frio horroroso, sucumbieron muy pronto al exceso de sus sufrimientos. Estos no parecian ni de cansancio ni de inaccion: se morian verdaderamente de frio. Se los veia al principio vacilar algunos momentos y andar con paso incierto como si estuvieran ebrios; su cara se ponía encarnada y se hinchaba como si toda la sangre se les hubiera subido á la cabeza, y muy pronto se quedaban inmóviles y perdian toda su fuerza. Sus miembros permanecian como paralizados; no pudiendo sostener los brazos los abandonaban á su propio peso y los dejaban inertes: se les escapaban los fusiles, se les doblaban las piernas, y al fin caian despues de haber agotado todo su vigor en esfuerzos impotentes..... En el momento en que se sentian desfallecer sus ojos se llenaban de lágrimas y parecia que habian perdido la sensibilidad completamente, quedándose con un aire espantado y hosco: pero el conjunto de su fisonomia y la contraccion forzada de los músculos de su rostro indicaban los crueles dolores que sentian. Sus ojos se ponian encarnados, y la sangre trasudando á través de los poros, salia en gotitas por fuera de la membrana que recubre la parte anterior de los párpados.»

El agua helada en que tuvieron que entrar mas de una vez para atravesar rios ó torrentes que no estaban completamente congelados, producía enfermedades particulares cuya terminacion era casi siempre fatal. De este modo murió en Koenisberg, á fines de diciembre, el ilustre general Eblé que habia salvado los últimos restos del ejército en el paso del Berezina; de los 100 pontoneros que á su voz se habian arrojado al agua para construir los puentes, quedaron 12; de los otros 300 que les ayudaron en aquel trabajo heróico, apenas quedó la cuarta parte.....

Mientras que 450 000 hombres morían de este modo, Napoleón volvía á París en un carruaje bien abrigado, y declaraba que nunca había estado tan bueno.

Pero olvidemos estos desgraciados recuerdos, y continuemos nuestra lista de inviernos memorables.

1819-1820.—El frío fue sumamente intenso durante este invierno en toda Europa, si bien sus rigores estremados no duraron mucho tiempo. En París heló 47 días, 19 de ellos consecutivos desde el 30 de diciembre de 1818 al 17 de enero de 1819. El mínimo de temperatura fue de $-14^{\circ},3$ el 11 de enero. El Sena se heló por completo desde el 12 al 19 del mismo mes. El Saona, el Ródano, el Rhin, el Danubio, el Garona, el Támesis, las lagunas de Venecia y el Sund, se helaron de tal modo que se pudo pasear sobre el hielo. Las temperaturas mas bajas observadas en diferentes ciudades son las siguientes:

San Petersburgo el 18 de enero.	$-32^{\circ},0$
Berlin el 10 de id.	$-24,4$
Maëstricht el 10 id.	$-19,3$
Strasburgo el 15 id.	$-18,8$
Commercy (Mosa) el 12 id.	$-18,8$
Marsella el 12 id.	$-17,5$
Metz el 10 id.	$-16,3$
Mons el 11 y el 13 id.	$-15,6$
Paris el 11 id.	$-14,3$

La intensidad del frío se anunció en Francia por el paso de muchas aves que venían de regiones mas boreales, como cisnes y patos salvajes de muchos colores, y que pasaron por el litoral del Paso de Calais. Muchos viajeros perecieron de frío, especialmente un labrador del Paso de Calais, cerca de Arras; un guarda-bosque cerca de Nogent en el Alto Marne; una mujer y un hombre en la Costa de Oro; dos viajeros en el camino de Breuil en el departamento del Mosa; una mujer y un niño en el camino de Etain á Verdun; seis individuos en la comarca de Chateau-Salins (Meurthe); dos saboyanos jóvenes en el camino de Clermont á Chalons-sur-Saone. En los experimentos hechos en la escuela de artillería de Metz, el 10 de enero, para ensayar la resistencia del hierro á temperaturas bajas, se helaron las manos y las orejas á muchos soldados.

1829-1830.—Este invierno fue el mas precoz y el mas largo de la primera parte del siglo XIX. Su continuidad fue funesta para la agricultura especialmente en los países meridionales. Sus rigores sin ser estremados se extendieron por toda Europa; muchos rios se congelaron, y su deshielo fue acompañado de desastrosas avenidas y de grandes inundaciones; perecieron muchos hombres y animales, y durante mucho tiempo hubo que suspender los trabajos agrícolas. Hé aquí las principales temperaturas observadas:

San Petersburgo el 19 de diciembre.	$-32^{\circ},5$
Mulhouse el 13 de febrero.	$-28,1$
Basilea el 3 id.	$-27,0$

Nancy el id. id.	—26,3
Epinal el id. id.	—25,6
Aurillac el 27 de diciembre.	—23,6
Strasburgo el 3 de febrero.	—23,4
Berlin el 23 de diciembre.	—21,0
Metz el 31 de enero.	—20,5
Po el 27 de diciembre.	—17,5
Paris el 17 de enero.	—17,2

En los parajes elevados de Suiza el invierno fue rigorosísimo. En Friburgo heló 118 días, 69 de los cuales fueron consecutivos; el mínimo de temperatura fue $-18^{\circ}5$. En las llanuras, por ejemplo en Iverduin, se manifestó un efecto notabilísimo de radiación: el termómetro bajó en pocas horas de -10° á -20° y cayó nieve de la llamada *polar*, cuyos cristales son muy menudos y que corresponde á temperaturas muy bajas.

El mucho tiempo que estuvo helado el Sena y su deshielo, llamaron extraordinariamente la atención pública. El río se congeló por completo desde el 28 de diciembre al 26 de enero, es decir 29 días seguidos, y volvió á helarse desde el 5 al 10 de febrero: en total 34 días, tanto como en 1763: en el Havre se heló el 27 de diciembre; y el 18 de enero se celebró una feria sobre el hielo en Rouen. El 25 de enero cuando hacia cinco días que había empezado á deshelarse, se detuvieron en el puente de Choisi los témpanos que bajaban de Corbeil y de Melun, y formaron en él una muralla de 5 metros de altura.

1840-1841.—En este invierno heló en Paris 59 días, 27 de los cuales fueron consecutivos. Los fríos comenzaron el 5 de diciembre y duraron con la interrupción del 1 al 3 de enero, hasta el 10 de este último mes. Volvió á helar desde el 30 de enero al 10 de febrero. El 3 de febrero marcaba aun el termómetro $-9^{\circ}2$. Desde el 16 de diciembre arrastró el Sena muchos témpanos, que obstruyeron uno de los arcos del Puente Real; en la noche del mismo día se detuvo la corriente en el puente de Austerlitz, y quedó helado el río desde el puente Marie hasta Charenton: al día siguiente se heló en el puente de Nuestra Señora, y el 18 pudo atravesarse entre Bercy y la Gare. En muchos sitios los témpanos amontonados alcanzaban una altura de cerca de 2 metros.

El 15 de diciembre de 1840 se verificó la entrada solemne en Paris por el arco de triunfo de la Estrella, de las cenizas del emperador Napoleón, traídas de Santa Helena. El termómetro había marcado aquel mismo día en los sitios espuestos á la radiación nocturna, -14° . Una inmensa multitud de personas, los batallones de la Guardia Nacional de Paris y de los pueblos próximos, y muchos regimientos del ejército, aguardaron desde por la mañana hasta las dos de la tarde en los Campos Elíseos. Todos sufrieron horriblemente con los rigores del frío. Los guardias nacionales y los trabajadores creyeron entrar en calor bebiendo aguardiente, y se helaron, muriendo de congestión inmediatamente. Otros individuos fueron víctimas de su curiosidad: treparon á los árboles del camino para distinguir mejor el golpe de vista de la comitiva, y como sus miembros entumecidos por el frío no pudieron sostenerlos, cayeron y se mataron.

Hé aquí las temperaturas mas bajas observadas en diferentes puntos durante este invierno:

Monte de San Bernarno el 22 de enero.	-23° 3
Ginebra el 10 id.	-17 8
Metz el 17 de diciembre.	-15 3
Paris el 17 id.	-13 2
Paris el 8 de enero.	-13 1

1853-1854.—Este invierno presentó los caracteres de un invierno rigoroso de las regiones templadas de Europa. Duró desde noviembre hasta marzo, y produjo la congelacion de muchos rios. Hizo frios intensimos en muchas comarcas, y sin embargo su influencia fue mas bien provechosa que nociva a la agricultura.

Hé aquí las temperaturas mas bajas observadas en diversos puntos:

Clermont el 26 de diciembre.	-20° 0
Chalons-sur-Marne el id. id.	-20 0
Lille el id. id.	-18 0
Kehl el id. id.	-17 6
Metz el 27 id.	-17 5
Bruselas el 26 id.	-16 1
Lyon el 30 id.	-14 6
Paris el id. id.	-14 0
Burdeos el id. id.	-10 0

El invierno del año siguiente, 1854 á 1855, tambien fue muy rigoroso sobre todo en la Rusia meridional, en Dinamarca, en Inglaterra y en Francia. Fue de una longitud inusitada. Empezó á helar en el E. de Francia por octubre y no cesó hasta el 28 de abril. El Loira arrastró témpanos desde el 17 de enero y se congeló el 18. El Sena presentó tambien témpanos el 19, pero no se congeló por completo. El Ródano los presentó el 20 y el Saona se congeló el mismo dia. El Rhin se heló por completo en Manheim el 24, y pudo atravesarse á pie.

Hé aquí el cuadro de las temperaturas mas bajas que se observaron

Vendôme el 20 de enero.	-18° 0
Clermont el 21 id.	-17 0
Bruselas el 2 de febrero.	-16 7
Turin el 24 de enero.	-16 5
Metz el 29 id.	-16 0
Strasburgo el id. id.	-16 0
Montpeller el 21 id.	-16 0
Lille el 2 de febrero.	-13 8
Paris el 21 de enero.	-11 3
Tolosa el 20 id.	-10 7

El invierno de 1857-1858 presentó el tipo de un invierno medianamente rigoroso de la zona templada. El Sena arrastró témpanos en Paris el 5 de enero: el 6 se heló el trozo de la Cité. El Loira, el Cher, el Nièvre, el Ródano, el Saona y el Dordoña se helaron en muchos puntos. El Danubio y los puertos rusos del Mar Negro se helaron en enero.

Las temperaturas mas bajas que se observaron fueron:

Puy el 25 de enero.	-14°,4
Clermont el 7 id.	-14,0
Bourg el 29 id.	-12,5
Vendôme el 6 id.	-11,0
Lille el 7 id.	-10,0
Paris el 7 id.	-9,0

El invierno de 1864-65 fue mas riguroso. El Sena se congeló en Paris y pudo pasarse á pie por el Puente de las Artes. Las temperaturas estremas fueron:

Haparanda el 7 de febrero.	-33°,4
San Petersburgo el 9 id.	-28,0
Riga el 4 id.	-25,8
Berna el 14 id.	-15,0
Dunquerque el 13 id.	-12,0
Strasburgo el 11 id.	-11,0

Por último, el invierno de 1870-71 se clasificará tambien entre los inviernos frios, á causa del gran descenso de la temperatura en los meses de diciembre y enero, no obstante el calor casi primaveral de febrero, y tambien á causa de la influencia fatal que aquellos frios ejercieron sobre la mortalidad pública al finalizar la odiosa guerra que acababa de asolar á Francia. La gran corriente ecuatorial que ordinariamente reina hasta Noruega, se detuvo este año en Portugal y en España; el viento dominante fue el del Norte: el 5 de diciembre hizo en Paris 6º bajo 0: el 8 hizo -8º en Montpellier. Desde el 22 de diciembre hasta el 5 de enero volvieron á reinar los frios: el Sena arrastró témpanos y estuvo muy próximo á helarse por completo; se observaron -12º en Paris el 24, y -16º en Montpellier el 31. Sabido es que en las cercanias de Paris, muchos centinelas de las avanzadas y algunos heridos recogidos con 15 horas de retraso, se quedaron HELADOS. Desde el 9 al 15 de febrero volvió á aumentar el frio por tercera vez, y se observaron el dia 15 -8º en Paris y -13º en Montpellier. Lo mas extraño fue que bajó mas la temperatura en el Mediodia que en el Norte de Francia. Las temperaturas mínimas de Bruselas fueron -11º,6 en diciembre, y -13º,2 en enero. En Montpellier heló 40 dias; en Paris 42, y en Bruselas 47 durante estos dos meses. En fin, el término medio de la temperatura del invierno (diciembre, enero y febrero), fue de 19,53 en Paris, cuando el general de otros inviernos es de 3º,26. En el Norte de Europa fue tambien muy riguroso este invierno, aun cuando los frios intenosos se verificaron en fechas distintas de las indicadas. El 12 de febrero se observaron en Copenhague -22º.

En los datos relativos á Francia que me ha proporcionado M. Renou aparece un mínimo de -23º en Périgueux, otro de -25º en Moulins y otro de 25º,5 en Puy (Alto Loira). De los remitidos por M. Glaisner del Observatorio de Greenwich, resulta que en su concepto tambien los meses de diciembre de 1870 y enero de 1871 tienen el carácter de los inviernos memorables.

El invierno de 1871-1872 no se considerará como invierno riguroso, á pesar del frio intensísimo del 9 de diciembre, porque aquel dia tan desapacible ha sido casi único en medio de una estacion relativamente

templada. El promedio del último invierno ha sido en efecto de 3°,9 en París.

La corriente glacial que se presentó en la mañana del 9 de enero, que heló el vino en las cuevas, destrozó algunos árboles y perdió en pocas horas viñedos enteros, hizo bajar el termómetro á temperaturas inusitadas en las localidades siguientes (los números se han observado con esmero y se han comprobado):

La Jacqueminière (Loiret)	—27° 3
Vichy (Allier)	—27 0
Montbeliard (Doubs)	—26 9
Nemours (Seine y Marne)	—26 0
Epinal (Vosgos)	—25 6
Reims (Marne)	—25 5
Montargis (Loiret)	—25 3
Aubervilliers (Sena)	—24 4
Montsouris (París)	—23 7
Doulevant (Alto Marne)	—22 2
Observatorio de París	—21 5

Para que se hiele el Sena en París hace falta un frío de —9° durante muchos días consecutivos. Mas arriba hemos indicado como se produce este fenómeno; desde el principio del siglo se ha congelado por completo once veces: enero de 1803; diciembre de 1812; enero de 1820, 1821, 1823, 1829, 1830 y 1838; diciembre de 1840, y enero de 1854 y 1865.

M. Renou hace notar que, al parecer, los inviernos rigurosos se repiten cada 40 años: 1709-1749 (menos riguroso) 1789-1830-1870.

Hé aquí ahora las temperaturas mas bajas observadas en Francia desde que se estudian científicamente por medio del termómetro. Están inseritas como la lista precedente de las temperaturas mas elevadas, marchando del Norte al Sur. He puesto solamente las que llegan ó pasan de —20°, á escepcion de París, en cuyo punto hay muchos términos de comparacion:

Lugares.	Latitud.	Longitud.	Altitud.	Fechas.	Mínimo.
Douai	50° 22'	0° 44'	24 ^m	28 enero 1776	—20° 6
Arras	50 17	0 26	67	37 dic. 1778	—23 4
Amiens	49 53	0 02	36	27 febr. 1776	—20 3
San Quintin	49 33	0 57	104	28 enero 1776	—20 6
Verviers	49 35	1 34	175	31 dic. 1788	—21 9
Montdidier	49 39	0 14	99	29 enero 1776	—22 5
Rouen	49 26	1 15	37	30 dic. 1788	—21 8
Clermont (Oise)	49 23	0 05	86	26 dic. 1853	—20 0
Les Mesneux	49 13	1 37	85	19 enero 1855	—20 2
Metz	49 07	3 30	182	31 enero 1830	—20 5

Lugares.	Latitud.	Longitud.	Altitud.	Fechas.	Mínimo.
Montmorency.	49°,00'	0,02	183	enero 1795	-20°,0
Chalons-sur-Marne.	48,37	2,01	82	dic. 1788	-20,6
Goersdorf.	48,57	5,26	228	26 dic. 1833	-20,0
				27 dic. 1853	-21,8
				23 enero 1795	-23,4
				13 enero 1709	-23,1
				9 dic. 1871	-21,5
Paris (Observ. ^o).	48,50	0,00	65	31 dic. 1788	-21,3
				6 febr. 1665	-21,2
				22 enero 1716	-19,7
				29 enero 1776	-19,1
				y 30 dic. 1783	-19,1
				20 enero 1838	-19,0
Paris (Montsouris).	48,50	0,00	77	17 enero 1830	-17,2
				9 dic. 1871	-23,7
Haguenau.	48,48	5,25	65	dic. 1788	-21,5
L'Aigle.	48,43	2,00	136	30 dic. 1788	-21,8
Nancy.	48,42	3,51	200	1.º febr. 1776	-22,6
				3 febr. 1830	-26,3
Strasburgo.	48,35	5,25	144	31 dic. 1788	-26,3
				3 febr. 1830	-23,4
Elampes.	48,26	0,10	127	31 dic. 1788	-21,9
Nemours.	48,20	0,00	60	9 dic. 1871	-26,0
Mayenne.	48,18	2,57	102	dic. 1788	-20,0
Troyes.	48,18	1,45	110	31 dic. 1788	-23,0
Saint-Dié.	48,17	4,37	343	31 dic. 1788	-26,0
Epinal.	48,10	4,07	341	3 febr. 1830	-25,6
Colmar.	48,05	5,01	195	19 dic. 1788	-25,6
Neuf-brissac.	48,00	5,00	196	18 dic. 1788	-30,2
Montargis.	48,00	0,23	100	9 dic. 1871	-25,5
Orleans.	47,54	0,26	123	31 dic. 1788	-22,5
Mulhouse.	47,49	5,00	229	enero 1784	-22,4
				3 febr. 1830	-28,1
Beaugency.	47,46	0,46	100	31 dic. 1788	-22,5
Montbéliard.	47,30	4,28	320	9 dic. 1871	-26,9
Tours.	47,24	1,39	55	31 dic. 1788	-25,0
Dijon.	47,19	2,42	246	1.º febr. 1776	-20,0
Chinon.	47,10	2,06	82	dic. 1788	-23,8
Bourges.	47,05	0,04	156	enero 1789	-23,0
Pontarlier.	46,54	1,01	838	31 dic. 1788	-23,8
				14 dic. 1846	-31,3
Lons-le-Saulnier.	46,40	3,13	258	31 dic. 1788	-24,0
				16 enero 1838	-24,5
Poitiers.	46,35	1,60	118	dic. 1788	-20,0
Moulins.	46,34	1,00	227	31 dic. 1788	-22,6
				22 dic. 1870	-25,0
Vichy.	46,42	1,00	259	9 dic. 1871	-27,0
Roanne.	46,02	1,44	286	31 dic. 1788	-20,6
Limoges.	45,50	1,05	287	dic. 1788	-23,7

Lugares.	Latitud.	Longitud.	Altitud.	Fechas.	Mínimo.
Lyon.	45,46	2,29	295	31 dic. 1788	-21°,9
Gran Cartuja.	45,48	3,23	2030	16 enero 1838	-20,0
Grenoble.	45,41	3,24	213	30 dic. 1788	-26,3
Périgueux.	45,41	1,36	98	febr. 1776	-21,6
Puy en Velay.	45,03	1,33	250	dic. 1870	-23,0
Aurillac.	44,56	0,06	622	27 dic. 1829	-25,5
					-23,6

Los frios mas excesivos que se han sentido hasta el dia, han sido —31°,3 en Francia; —20°,6 en la Gran Bretaña; —24°,4 en Bélgica y Holanda; —55° en Dinamarca, Suecia y Noruega; —43°,7 en Rusia; —35°,6 en Alemania; —17°,8 en Italia; —12° en España y Portugal (1). En cuanto á los demás países que no pertenecen á Europa serian necesarios mayores datos para poder indicar con alguna certeza los mayores frios que se pueden sufrir en ellos. Es indudable, no obstante, que en Fort-Reliance, en la América inglesa, se ha observado un frio de —56°,7, y en las inmediaciones de Semipalatinsk de —58°. El azogue se congela á —40°. Hay puntos habitados del globo en los cuales permanece durante muchos meses del año en estado sólido (por ejemplo en las islas Melville). El capitán Parry afirma tambien que un hombre bien abrigado puede pasearse al aire libre sin inconveniente; con una temperatura de 48° bajo 0, en caso de que no haga viento. Si le hace, la piel se quema muy pronto. El azogue helado tiene el aspecto del plomo, pero es todavia mas blando, mas frágil y menos coherente. Cuando se le toca quema como un hierro hecho áscua. Se pueden hacer con él figuritas, que se funden cuando la temperatura es mayor de —40°.

Tales son los frios mas rigorosos que se han podido experimentar.

Si los referimos ahora á los grandes calores consignados en el capítulo anterior (75° en la superficie del suelo africano), se deduce que entre las temperaturas estremas del globo puede haber una escala de 133 grados!

En la segunda parte de este libro estudiaremos la teo-

(1) Por bajo de esta temperatura minima que indica el autor, se encuentran anotadas en el *Anuario* del Observatorio Astronómico correspondiente á 1873, las siguientes: en Salamanca —12°,4 (1861), y —13°,0 (1868); en Burgos —12°,2 (1867), y —13°,8 (1871); en Soria —12°,8 (1871); en Zaragoza —13°,2 (1871); en Huesca —13°,0 (1866), y —44°,8 (1868); en Albacete —13°,5 (1868), y —15°,0 (1870); y en Valladolid —12°,5 (1867), y —18°,0 (1871). En Madrid las temperaturas mínimas observadas á cielo descubierto, han llegado á —13°,4 en 1860, y á —16°,0 en 1868.

ría de los climas bajo su aspecto general, y la distribución del calor en la superficie del globo; y presentaremos la temperatura media y las extremas observadas en los diferentes puntos de nuestro planeta.

La ocupacion mas agradable que puede encontrar el hombre es seguramente *el estudio de la naturaleza*. El trabajo corporal necesita un complemento: la actividad de la inteligencia; y este complemento nada le ofrece mejor que el estudio de la naturaleza. La política, que hasta el presente no ha sido casi mas que un tejido de engaños mútuos y de crímenes, no es digna de ocupar el espíritu, y no llegará á ser una ciencia hasta el dia en que los hombres tengan las nociones elementales de las verdades naturales, sepan lo que son ellos, lo que es el planeta en que habitan y dejen de tener los ojos cerrados por la brutal ignorancia en que se encuentran hasta el presente. La historia puede fijar la atencion del hombre; pero apenas existe, y no es mas que una série de guerras reproducidas; no constituye mas que una arruga en la superficie del océano de los siglos. Lo que puede ocupar legítima y útilmente los instantes preciosos en que nuestra imaginacion está libre es el grandioso, el verdadero estudio de la naturaleza, inagotable manantial de puras emociones, cada uno de cuyos arroyuelos ofrece á nuestra inteligencia un alimento deleitoso y saludable.

Entre las diversas ramas del estudio de la naturaleza, la meteorología habrá de ser la que siempre nos presente mayor interés; porque de la Atmósfera es de la que dependen las diversas circunstancias de nuestra vida física y de su mantenimiento. El meteorologista, el amigo de la naturaleza, que ha aprendido á conocer, (como nosotros hemos procurado hacer que se conozca con esta obra) el conjunto de las leyes que regulan la circulacion de la vida en este mundo, encuentra cada dia un nuevo motivo de interés en la observacion del tiempo. No solamente le ofrecen un espectáculo razonado y luminoso los fenómenos generales de las estaciones; no solo ve á través de las nubes de las tempestades y de las borrascas las fuerzas que manejan los hilos de aquel movimiento contínuo, sino que las varia-

ciones cotidianas de la temperatura y los hechos mas comunes le interesan vivamente sin cansarle jamás. ¡Es una felicidad tan grande *saber* uno dónde está, en medio de este grandioso universo, tener seguridad de que habita uno en su casa, y conocer bien esta, viviendo una existencia intelectual, en lugar de permanecer en el oscuro fango en que la masa de la humanidad arrastra su pesado cuerpo!

Y aun añadiré que aquel que se interesa científicamente en el estudio de la naturaleza, se sobrepone á muchas sensaciones físicas, que son para otros motivos de sufrimiento. Constantemente halla interés en cuanto le rodea, y al sentir los extremos de la naturaleza, observa con placer esos mismos extremos. En los grandes calores del verano, el meteorologista *no tiene nunca bastante calor*, porque aun cuando vea el termómetro á 100°, quisiera verle á 101 por la curiosidad de la escepcion. En las temperaturas mas glaciales *no tiene nunca bastante frio*, porque si el termómetro baja á—30° se alegraría ver por sí mismo la congelacion del azogue. De este modo, siempre está contento.

ÂPENDICE.

I. — PÁGINA 121. — SOBRE LOS SONIDOS QUE SE PERCIBEN
EN GLOBO.

El silbido de una locomotora se oye á 3 000 metros de altura; el ruido de un tren á 2 500; los ladridos hasta 1 800 metros; la misma distancia á que se oye un tiro de fusil. Los gritos de una poblacion se oyen á veces á 1 600 metros, y á esta altura se distingue bien el canto del gallo y el toque de las campanas. A 1 400 metros se distinguen muy distintamente el ruido de un tambor y todos los sonidos de una orquesta. A 1 200 metros se sienten rodar los carruajes en el empedrado. A 1 000 metros se oye la voz humana; durante una noche silenciosa, el curso un poco rápido de un arroyo ó de un río produce á esta misma altura el efecto de una estrepitosa cascada. A 900 metros se percibe distintamente el monótono y quejumbroso canto de las ranas, y el ligero ruido del grillo campestre (gri-gri) se oye con gran precision hasta 800 metros de altura.

No sucede lo mismo con los sonidos dirigidos de arriba abajo. Al paso que podemos oír una voz que nos habla á 500 metros por bajo de nosotros, no se oyen claramente nuestras palabras cuando estamos á mas de 100 metros de altura.

El día en que me ha llamado la atención mas especialmente esta notable trasmision de los sonidos verticalmente de abajo arriba, ha sido el 23 de junio de 1867, durante mi ascension aeronáutica. Hacia algun tiempo que estábamos completamente rodeados por las nubes, y cubiertos por un velo blanco y opaco que nos ocultaba el cielo y la tierra, y observaba con asombro que aumentaba notablemente la luz á nuestro alrededor, cuando vinieron de pronto á herir nuestros oidos los acordes melodiosos de una orquesta. Oímos la pieza ejecutada tan perfectamente, como si los músicos hubieran estado en la misma nube á pocos metros de nosotros. Estábamos entonces en la vertical de Antony (Seine-et-Oise). Habiendo referido el hecho en un periódico, recibí pocos días despues una carta del presidente de la Sociedad filarmónica de aquella ciudad en la que me decía que habiendo visto el globo en un momento despejado, sus consócios y él reunidos en el patio del ayuntamiento habian tocado una de las piezas instrumentadas con mas delicadeza, con la esperanza de que podría servir para mis experimentos de acústica. A decir verdad no podian haber tenido mejor inspiracion.

En aquellos momentos el globo vogaba á 900 metros del lugar del concierto y casi en su zenit. A 1 000, 1 200 y hasta 1 400 metros de distancia continuamos apreciando con toda claridad los diferentes instrumentos. Esta observacion se ha repetido en diversas circunstancias, y he visto siempre que la intensidad de los sonidos no variaba, que la velocidad de todos ellos era tambien la misma, y que una pieza de música se trasmitia en toda su integridad.

Las nubes por su parte, lejos de poner obstáculos á la trasmision del sonido, le reforzaban y hacian que la orquesta pareciera colocada muy cerca de nosotros.

En cuanto á la velocidad no he podido hacer experimentos mas que ayudado por el eco y por un buen cronómetro. Las velocidades medias que he obtenido compuestas de la doble marcha del sonido, desde la barquilla á la tierra y de esta á la barquilla, están comprendidas entre 233 y 240 metros.

II.—PÁGINA 134.—CUADRO DE LAS MOLESTIAS QUE SE SIENTEN EN LAS MONTAÑAS ELEVADAS.

Respiracion.—La respiracion se acelera, se hace difícil y laboriosa y se experimenta una verdadera disnea al menor movimiento.

Circulacion.—La mayor parte de los viajeros han notado palpitaciones; aceleracion en el pulso, latidos de las carótidas, plenitud en los vasos, á veces el peligro de la asfixia, y diversas hemorragias.

Inervacion.—Cefalalgia muy dolorosa, soñolencia irresistible á veces, atontamiento de los sentidos; debilidad de la memoria; postracion moral.

Digestion.—Sed, deseo ardiente de bebidas frias, sequedad de la lengua, inapetencia de alimentos sólidos; náuseas, eructos.

Funciones de locomocion.—Dolores mas ó menos fuertes en las rodillas y en las piernas; la progresion es fatigosa y consume rápidamente las fuerzas.

Estas perturbaciones no son regulares, no se verifican todas al mismo tiempo, y dependen en alto grado de las fuerzas, de la edad, de la costumbre, de los esfuerzos anteriores, etc. Los viajeros experimentan este malestar en los Alpes, con mas facilidad que en otras regiones del globo. En el monte de San Bernardo, cuyo convento está solo á 2 474 metros de altitud, la mayor parte de los frailes enferman de asma: tienen necesidad de bajar con frecuencia al valle del Ródano para reponerse, y al cabo de diez ó doce años de servicio se ven obligados á abandonar el convento para siempre, so pena de enfermar gravemente; y sin embargo en los Andes y en el Thibet hay ciudades enteras en que todo el mundo goza de tan buena salud como en cualquier otra parte.

«Cuando se ha visto, dice Boussingault, el movimiento que reina en ciudades como Bogota, Micuipampa, Potosi, etc., que se encuentran de 2 600 á 4 000 metros de altitud; cuando se ha presenciado una corrida de toros en Quito á 2 908 y se ha visto la fuerza y la agilidad de los toreros; cuando se ha visto á mujeres jóvenes y delicadas bailar durante

noches enteras, en localidades poco mas bajas que el Monte Blanco, en donde Saussure apenas tenia fuerza para consultar sus instrumentos, y en donde se desmayaban los vigorosos montañeses que iban con él; cuando se recuerda que la célebre batalla de Pichíncha se dió á una altura casi igual á la del Monte Rosa (4 600 metros), hay necesidad de reconocer que el hombre puede acostumbrarse á respirar el aire enrarecido de las mas altas montañas.»

El mismo meteorologista cree tambien que el malestar se aumenta en los campos estensos nevados, por un desprendimiento de aire viciado, bajo la influencia de los rayos solares, y se funda en un experimento de Saussure, que encontró el aire desprendido de entre los pozos de la nieve menos cargado de oxígeno que el ambiente. En ciertos valles profundos y cerrados de las partes superiores del Monte Blanco, en el *Corredor* por ejemplo, se siente tal molestia al subir, que los guías han creído durante mucho tiempo que aquella parte de la montaña estaba envenenada por alguna exhalacion mefítica. Así es que ahora, siempre que el tiempo lo permite, se pasa por el cordal de las *Jorobas* (Bosses), en el cual un aire mas vivo dificulta los trastornos fisiológicos en tan gran escala.

No obstante haberse tratado de acostumbrarlos poco á poco, ciertos animales no pueden vivir á una altura mayor de 4 000 metros; los gatos trasportados á esta altura sucumben infaliblemente, despues de haber padecido convulsiones espasmódicas especiales y cada vez mas fuertes: dan saltos prodigiosos, y cuando ya no pueden mas caen estenuados de fatiga y mueren en medio de horribles espasmos.

III.—PÁGINA 155.—LA REFRACCION ATMOSFÉRICA.

Se han construido tablas de refraccion, calculadas en la hipótesis de que las diversas capas de aire superpuestas estaban colocadas de un modo uniforme. El poder refringente del aire se determina en la hipótesis de que este fluido no contenga mas que oxígeno y nitrógeno; pero como hemos visto, contiene ademas 4 ó 6 diezmilésimas de ácido carbónico y una cantidad, variable á cada paso, de vapor de agua. El poder refringente de este último se diferencia tan poco del que tiene el aire propiamente dicho, que puede despreciarse en general la correccion relativa al estado higrométrico. Basta, pues, tener en cuenta la temperatura y la presion barométrica.

Para manifestar las cantidades que la refraccion hace elevarse aparentemente los objetos exteriores á la Atmósfera, elijo entre las tablas algunos números cuya inspeccion comparada dará una idea suficiente. Al nivel del mar y á la temperatura media de 10°, la inflexion dada á los rayos luminosos por esta propiedad aparece en la tabla siguiente. Naturalmente la refraccion es distinta segun se observa á mayor ó menor altura sobre el nivel del mar; á medida que se asciende, disminuye.

TABLA DE LAS REFRACCIONES.

Distancias al zenit.	Refracciones.	Distancias al zenit.	Refracciones.
90°	33' 47" 9	74°	3' 20" 8
89	24 22 3	72	2 57 7
88	18 23 1	70	2 38 9
87	14 28 7	68	2 4 4
86	11 48 8	66	1 40 7
85	9 54 8	64	1 23 1
84	8 30 3	62	1 9 4
83	7 25 6	60	0 58 3
82	6 34 7	58	0 48 9
81	5 53 7	56	0 33 7
80	5 20 0	54	0 21 2
78	4 28 1	52	0 10 3
76	3 50 0	50	0 0 0

Se vé, pues, que un astro colocado precisamente en el horizonte aparece elevado un arco de 33', es decir mas de medio grado ó proxímanamente $\frac{1}{180}$ de la distancia entre el horizonte y el zenit. El Sol y la Luna no tienen 33' de diámetro. Cuando en sus ortos llegan astronómicamente al horizonte, los vemos ya á una altura doble de su diámetro. Cuando aparecen á nuestra vista están en realidad completamente bajo nuestro horizonte. Del mismo modo, el Sol no se pone aparentemente hasta despues de haberse puesto en realidad.

IV.—PÁGINA 157.—VARIACION DE LA DURACION DEL DIA EN FRANCIA.

TABLA DE LOS DIAS MAS LARGOS Y MAS CORTOS.

LATITUD.	DURACION DEL DIA.			
	Mas largo		Mas corto	
	21 junio.		21 diciemb.	
	H.	M.	H.	M.
Grados.				
42	15	15	9	00
44	15	28	8	47
46	15	44	8	50
48	16	02	8	14
50	16	24	7	55

TABLA DE DURACION DEL CREPÚSCULO CIVIL.

MESES.	LATITUD.				
	42°	41°	46°	48°	50°
	M	M	M	M	M
Enero	54	55	56	58	40
Febrero	52	55	54	55	57
Marzo	51	52	55	54	55
Abril	52	55	54	56	56
Mayo	55	56	58	40	42
Junio	57	59	41	44	46
Julio	56	58	59	42	41
Agosto	55	54	56	57	59
Setiembre	51	52	55	54	56
Octubre	51	52	55	55	56
Noviembre	55	54	55	57	59
Diciembre	54	56	57	59	41

TABLA DE LA DURACION DEL CREPÚSCULO ASTRONÓMICO.

MESES.	LATITUD.				
	42°	44°	46°	48°	50°
	H. M.	H. M.	H. M.	H. M.	H. M.
Enero.	1 31	1 33	1 36	1 40	1 45
Febrero.	1 24	1 26	1 29	1 32	1 36
Marzo.	1 24	1 26	1 29	1 33	1 37
Abril.	1 33	1 35	1 39	1 44	1 50
Mayo.	1 46	1 52	2 01	2 11	2 26
Junio.	1 56	2 05	2 19	2 36	3 13
Julio.	1 48	1 54	2 04	2 14	2 31
Agosto.	1 32	1 37	1 42	1 47	1 54
Setiembre.	1 24	1 26	1 30	1 34	1 38
Octubre.	1 23	1 25	1 23	1 33	1 36
Noviembre.	1 30	1 32	1 35	1 39	1 43
Diciembre.	1 34	1 36	1 40	1 45	1 50

V.—PÁGINA 222.—POSICIONES Y ASPECTOS DEL HALO.

Debiéndose este complejo fenómeno de óptica á los juegos de la luz del Sol (ó de la Luna) sobre las partículas heladas de las nieblas atmosféricas, es evidente que su disposicion general debe variar segun la altura del astro por cima del horizonte. Cuatro posiciones sobre todo son muy notables, y nos indicarán la imágen teórica de todos los halos posibles. Hé aquí, segun Bravais, estos cuatro halos (fig. 41); el primero despues de la salida del Sol (43°); el segundo á una altura mayor (25°); el tercero á 49°, y el cuarto á 61°. En estas figuras esplicativas, *S* representa el sitio del Sol; *Z* el zenit; *hh* el halo ordinario ó de 22°; *III* el halo mayor ó de 46°; *PP* los parelios; *aa* el arco circumzenital tangente por arriba al halo de 46°; *Spp* el circulo parélico horizontal; *pp* los parantelios; *cSc'* (en la primera figura) la columna vertical en el horizonte; *bb* (en la cuarta) el arco circumhorizontal tangente por la parte inferior al halo de 46°; *tt* el arco tangente superior al halo de 22°; *t't'* el arco tangente inferior al halo de 22°; *tt'v't'* un halo circunscrito formado por la reunion de los dos arcos tangentes superior é inferior; *ll* arcos tangentes lateralmente al halo de 46°, y por último *A* un antelio.

Las líneas llenas representa las partes del meteoro que proceden de los prismas cuyos ejes están en direccion indeterminada. Las líneas de puntos y cruces indican las producidas con los prismas de eje vertical, y por ultimo las líneas de trazos interrumpidos con estrellas se refieren á las debidas á prismas cuyos ejes son horizontales.

VI.—PÁGINA 225.—HALOS NOTABLES OBSERVADOS
EN ESTOS ÚLTIMOS TIEMPOS.

Un hermosísimo halo circumsolar se manifestó en París en la mañana del 22 de abril de 1845; fue cuidadosamente observado por Bravais.

El fenómeno se componía: 1.º de un halo ordinario (de 22º) de luz pálida; el radio de este círculo contado desde el centro del Sol hasta el borde interno de la claridad se vió que era de 21º 46' por término medio de dos observaciones hechas con un sextante; 2.º de dos arcos muy luminosos tangentes al halo ordinario uno en su punto culminante superior y otro en el inferior.

Los colores que se percibían en estos arcos luminosos, eran de dentro á fuera, el rojo (con una tinta leonada muy característica), el amarillo, el verde, un azulado muy débil y difícil de distinguir, y por último la luz blanca sin límite exterior assignable. El arco tangente superior se separaba del halo ordinario á cierta distancia por cada lado del punto de tangencia y sus dos ramas, replegándose hácia el horizonte venían á reunirse sin intersección brusca con las ramas correspondientes del arco tangente inferior, de modo que el conjunto de ambos arcos formaba así una elipse circunscrita al halo ordinario, de eje menor vertical y cuyo eje mayor era horizontal próximamente.

El 19 de abril de 1849 M. Plantamour observó en Ginebra un halo solar desde las 3 y 5 minutos hasta las 3 y media. A las 3 y cuarto el Sol estaba á una altura de 38º 3' sobre el horizonte; se le veía rodeado de un anillo coloreado correspondiente al halo ordinario y cuyos colores eran muy vivos. Se distinguían en los lados dos segmentos de otro halo concéntrico cuyo radio era próximamente doble del primero, pero que era mucho menos brillante. En las partes superior é inferior del segundo halo, se veían dos arcos tangentes de colores muy vivos en los puntos de tangencia y que terminaban en punta. El círculo parélico era de un blanco brillante y se veía con limpieza todo alrededor del horizonte, no obstante la proximidad del Sol. En este círculo se hallaban cuatro parelios, dos blancos y dos coloreados, en los cuales dominaba casi exclusivamente el rojo: solo en la parte opuesta al Sol se notaba una ligera tinta azulada.

El 24 de febrero de 1850 á las 4 de la madrugada y hasta la puesta de la Luna, estudió M. Renou un halo completo con dos paraselenes brillantes, de largas prolongaciones horizontales y que presentaba en la parte superior una entalladura muy brillante. Lo que había de mas notable era una cruz recta de brazos iguales de 6 á 7º de longitud, cuyo centro coincidía con el de la Luna; la anchura de estos brazos era igual á la del astro y disminuía un poco hácia los extremos; la cruz tenía una luz mas débil que la del halo. A las 10 de la mañana aparecieron dos parelios limpios y brillantes con colas blancas de muchos grados de longitud. No había indicios de halo ni siquiera de *cirri*; el cielo estaba magnífico.

El 21 de febrero de 1864 á las 9 de la mañana observó el mismo meteorologista en Choisy, un halo compuesto del círculo de 22º completo, de los dos parelios, de un fragmento del círculo de 46º y del arco cir-

cumzenital. La temperatura estaba á — 3º, 8; el viento era Norte y bastante fuerte, y el cielo estaba ocupado por cirro-estrati. Por la noche á las 9, el halo se observó alrededor de la Luna con los dos paraselenes. Este fenómeno fue visible en una gran estension. Se ha descrito en Paris, en Chartres, en Tours y en Vendôme. En Chartres se vieron parantisele-nes opuestos á los paraselenes.

Mi excelente amigo el doctor Lescarbault observó en Orgeres el mismo fenómeno. Se dibujó el círculo parélico, ó por mejor decir, parase-lénico, puesto que el astro era la Luna, los dos paraselenes con sus co-las y dos arcos tangentes, uno en la parte superior y otro en la inferior del halo.

El 30 de agosto de 1866 observó en Angers M. C. Decharme, un gran halo solar (de radio de 46º), que presentaba dos circunstancias curiosas.

Hé aquí, desde luego, la forma general del fenómeno luminoso. El arco visible era sencillo y tenia las dos terceras partes de una circun-ferencia, empezando bruscamente al O., á unos 25º por cima de la pro-yección en el plano del halo, de una recta que pasase por el centro apa-rente del Sol, y terminando, por consiguiente, hácia el E. á 85º, por debajo de esta misma recta. Esta corona de 4 á 5º de anchura, era de un blanco muy brillante y de contornos bastante bien destacados, sobre todo en la parte exterior. (Lo comun es lo contrario; el límite del contor-no exterior es difícil de señalar.) No tenia tintas irisadas.

El Sol, muy difícil de distinguir claramente, y hasta de mirar en aquel momento, presentaba solo una forma indecisa, una mancha blanca de la figura de una elipse irregular, cuyo eje mayor era horizontal y muy prolongado, lo que anunciaba la tendencia á la formacion de un círculo parélico. El cielo, nebuloso en la proximidad del Sol, estaba claro en la parte de Levante, aunque ligeramente velado por vapores blan-quecinos y salpicado de ténues cirri y cirro-estrati que formaban el fondo general homogéneo, el *subtractum* sobre que se destacaba el brillante meteoró. Pero en la parte occidental superior, donde la corona estaba in-terrupta, habia un segmento oscuro formado por un gran estrato-nim-bus, que se estendia muy lejos al O., y encima del cual habia numerosos círculos, que cada vez eran mas delicados y mas vaporosos conforme se acercaban al zenit.

No se veian tintas irisadas en la proximidad de los contornos del halo; sin embargo el espacio anular ó entre-corona, comprendido entre el halo y el Sol, tenia una tinta particular, generalmente de un azul mate muy débil, tirando hácia el violado y rojo del lado de la corona, pero de un modo muy indeciso.

Las dos particularidades siguientes son muy curiosas.

Desde luego la corona blanca, considerando una ligera degradacion de tintas hácia los contornos (sobre todo hácia el interior), tenia mas bien el aspecto de un anillo, de una superficie toral, que el de una figura plana. Ademas en los dos últimos minutos de observacion este *toro* pa-reció animado de un ligero movimiento de *rotacion* sobre si mismo *de dentro á fuera*. El observador iba en un ferro-carril. Despues se veian prolongaciones de rayos blancos que tenian por centro la posicion apa-rente del Sol, todos exteriores á la corona y formando alrededor de ella una especie de *gloria* muy pronunciada en la region superior del halo. Estos rayos divergentes cuya anchura en el arranque era la cuarta parte

Angers: dos halos mayores de radio de 46° ; veinte y siete halos ordinarios de radio de 23° ; cuatro coronas solares ó lunares: total treinta y tres meteoros.

Generalmente, pues, hay muchos visibles al mes: anuncian frecuentemente la lluvia; bajo este punto de vista volveremos á hablar de ellos en el capítulo sobre *los Pronósticos*, en la última parte de esta obra, consagrada á la Prevision del Tiempo. Aquí no debemos ocuparnos mas que de las manifestaciones de la luz, consideradas en sí mismas.

Entre los últimos halos notables observados por mí en Paris, agregaré el del 3 de noviembre de 1870 á las 7 de la noche, á 23° alrededor de la Luna, con un cielo sereno y casi puro; y el del dia 26 de enero de 1871, despues de un dia caloroso tambien, alrededor de la Luna, y en un cielo de cirri notablemente orientados de Norte á Sur.

Los habitantes del Alto Marne y de la Costa de Oro tuvieron el privilegio de presenciar el 22 de mayo de 1872 un hermosísimo halo solar. De 11 á 1 del dia se manifestó el halo de 22° con una sucesion de tintas roja, anaranjada, amarilla y verde muy bien marcadas y tan limpias como las de un arco-iris. A medio dia se hizo tambien visible el halo de 46° en la region del Sur, iluminándose alternativamente. Por último apareció en el O. S. O. sobre el primer círculo un parelio casi tan brillante como el mismo sol. Raras veces se ve en nuestros climas un fenómeno de esta clase tan sumamente intenso.

VII.—PÁGINA 265.—SOBRE LA DIRECCION DE LAS ESTRELLAS FUGACES Y SU DISTRIBUCION EN EL ESPACIO.

Supongamos primeramente que estamos colocados en medio del espacio, y que de todas partes vengan hácia nosotros cuerpos movibles todos ellos con velocidades iguales, y sin que de una parte vengan mas que de otra. Si estamos inmóviles, de cualquier lado que nos volvamos veremos siempre venir á nosotros el mismo número de estos cuerpos movibles en un tiempo dado. Pero si estamos en movimiento veremos estos mismos cuerpos llegar á nosotros en mayor número de aquellos puntos del espacio hácia los cuales nos dirigimos, que de los puntos directamente opuestos de los cuales nos alejamos. Habrá tambien una variacion gradual en las diferentes direcciones á medida que nos volvemos hácia distintos lados.

Admitamos que las estrellas fugaces lleguen á nosotros indistintamente en todas direcciones, y que tengan todas una misma velocidad en el momento en que se hacen visibles. El movimiento que lleva la Tierra en su órbita anual debe producir diferencias en el número de estrellas fugaces que veamos venir de tal ó cual direccion; este número debe ser máximo en la direccion hácia la cual la Tierra marcha, y mínimo en la direccion opuesta, y debe ir disminuyendo gradualmente de una direccion á otra. El punto de la bóveda celeste hácia el cual se dirige la velocidad de traslacion de la Tierra, en un momento cualquiera constituye, pues, como un centro principal de emanacion de las estrellas fugaces, para los habitantes de la Tierra. Desde luego en cada punto de la superficie del globo no pueden verse mas estrellas fugaces que las

que pasan por cima del horizonte del lugar: y el número de estos meteoros que se percibirá en un tiempo dado, variará con la posición que el centro principal de emanación ocupe, respecto del horizonte: este número será tanto mayor cuanto mas próximo esté el centro de emanación al zenit del lugar. Por otra parte, en virtud del movimiento de rotación de la Tierra sobre sí misma, el plano del horizonte de un lugar determinado cambia constantemente de posición en el espacio; este plano se coloca, pues, sucesivamente de diversas maneras relativamente al centro de emanación de que acabamos de hablar, de modo que la aparición frecuente de estrellas fugaces en este lugar debe variar constantemente en virtud de esta circunstancia.

Segun esto, hallándose la línea de traslación de la Tierra perpendicular á la que une la Tierra con el Sol, el punto de mira de la Tierra sobre la esfera celeste, estará colocado naturalmente sobre la eclíptica y á una distancia del Sol igual á la cuarta parte de la circunferencia. Este punto de mira, recorrerá anualmente por lo tanto el círculo máximo de la eclíptica, formando un ángulo de 90° con el Sol. Cuando el Sol está en el equinoccio de primavera, el punto de mira de la Tierra estará en el solsticio de invierno; cuando el Sol llegue al solsticio de verano el punto de mira de la Tierra llegará al equinoccio de primavera, y así sucesivamente.

Cambiando de sitio progresivamente sobre la eclíptica, el punto de mira se encuentra unas veces en el hemisferio austral y otras en el hemisferio boreal de la esfera celeste. Debe haber, pues, estaciones para las apariciones de estrellas fugaces, como las hay para la cantidad de calor y de luz que el Sol nos envía; pero como el punto de mira sigue al Sol á una distancia constante de 90° , las estaciones de máxima aparición de estrellas fugaces deben venir tres meses despues que las estaciones que nos producen el máximo de calor y de luz. Yendo estas últimas del equinoccio de primavera (21 de marzo) al equinoccio de otoño (23 de setiembre), las estaciones de máxima aparición de estrellas fugaces irán del solsticio de estío (22 de junio), al solsticio de invierno (22 de diciembre).

El movimiento diurno del punto de mira le coloca tan pronto encima como debajo del horizonte en el intervalo de cada día solar, y debe por lo tanto haber en la aparición de las estrellas fugaces una variación diurna que procede de esta circunstancia; y como el punto de mira permanece á distancia de un cuarto de circunferencia del Sol, el centro de emanación debe preceder al medio día ordinario unas 6 horas. Hacia las 6 de la mañana se debe presentar, pues, el máximo diario de estrellas fugaces, y hacia las 6 de la tarde el mínimo.

Por último, no presentándose el punto de mira en su movimiento diurno de una manera idéntica en todos los puntos del horizonte, debe haber tambien una variación azimutal en la frecuencia de aparición de las estrellas fugaces.

Las estrellas deben venir, segun esto, de la parte oriental; y esto es efectivamente lo que confirman las observaciones.

Segun los caracteres que presenta la variación diurna, la velocidad de las estrellas fugaces en el espacio es mayor que la de la Tierra sobre su órbita, y un poco diferente de la velocidad que llevaria un cometa que, partiendo de las profundidades del espacio, viniese á pasar junto á nuestro planeta.

Esta velocidad del cometa tiene por valor $\sqrt{2}$ ó 1,41 cuando es 4 la velocidad de la Tierra sobre su órbita. Siendo la velocidad de la Tierra 29km,5 por segundo, se ve que las velocidades aparentes de las estrellas fugaces deben presentar todos los estados de magnitud entre un máximo de 71 kilómetros por segundo y un mínimo de 12, decreciendo estas velocidades aparentes desde el punto de mira de la Tierra que corresponde al máximo, hasta la dirección opuesta que es la del mínimo.

VIII.—PÁGINA 379.—SOBRE LA TEMPERATURA
DE LOS MANANTIALES.

Uno de los manantiales del Sena, el de Duy en Chatillon-sur-Seine, examinado por Arago el 25 de octubre de 1825, tenía 10°,4 á las 4 de la tarde. El agua, entonces poco abundante, de la *Fuente de los Duques* marcaba 10°,4. Otro manantial del mismo río, el de Evergereaux, no tenía mas que 9°,2, pero es preciso decir que se halla á 470 metros sobre el nivel del mar, mientras que el primero solo está á 270. El manantial de la *Marne* cerca de Langrés, que nace en la vertiente oriental de una colina caliza, á 381 metros sobre el nivel del mar, le encontré mi compatriota Walferdin á 9°,7, el 18 de octubre de 1839 por la mañana. En la vertiente opuesta de la misma colina y poco mas ó menos al mismo nivel, corre el manantial de Blanche-Fontaine (la Fuente Blanca) cuya temperatura era el mismo dia y una hora mas tarde 9°,6. En la prolongacion de la misma vertiente un manantial que nace algo mas abajo de la ciudad de Langrés marcaba el mismo dia 9°,5. Esta es tambien la temperatura de los pozos de Langrés, que corren á la profundidad media de 29 metros, con una corriente de 1 metro de E. á O. El manantial del *Mosa* en la misma region y no lejos de *Montigny-le-Roi*, marcaba 10°,9 el 10 de octubre de 1839 por la mañana. Es necesario advertir que aun cuando su altura sea de 379 metros sobre el nivel del mar, no sale de una colina sino del llano; brota en un receptáculo de un metro de abertura próximamente por 0m,50 de profundidad, y da un chorro continuo que nunca se seca. Estando á cielo abierto la temperatura del aire le modifica un poco. El dia de la observacion, esta temperatura era de 14°,5, lo cual explica el exceso de la temperatura de este manantial sobre la de los anteriores.

Los manantiales situados en la llanura y en las colinas de la Alsacia ó en los valles de los Vosgos y de la Selva Negra, no difieren en su temperatura media mas que á lo sumo 0°,8 cuando están en altitudes muy próximas; y á altitud igual la temperatura media de los manantiales del valle del Rin entre 180 y 260 metros de altitud, y entre 48 y 49° de latitud es de 10°,5, valor que corresponde á la altitud media de 212 metros.

IX.—PÁGINA 381.—SOBRE LOS «SANTOS DE HIELO»
DE FEBRERO, MAYO, AGOSTO Y NOVIEMBRE.

Hace solo 30 ó 40 años que las investigaciones de Brandes, Mædler Erman, seguidas poco despues por las de Dove, Quetelet, Buys-Ballot,

Fournet y Petit han llamado nuevamente la atención de los físicos sobre la regularidad que presentaban al parecer algunas de estas crisis de la temperatura terrestre.

En su forma mas general puede formularse la cuestion de la manera siguiente:

¿Cuál es para una localidad dada, la diferencia media, en mas ó en menos que presenta la temperatura de cada uno de los dias del año con relacion á la marcha regular de estas temperaturas entre los extremos anuales?

Esta diferencia ¿es sensiblemente la misma para cada año ó para cada periodo corto de años? ¿Varia, por el contrario, de un año á otro ó de un grupo pequeño de años á otro, de modo que presente cierta periodicidad?

En cuanto á las cuestiones secundarias que se refieren á esta primera cuestion general, son muy numerosas, puesto que las cantidades de luz derramadas en la Atmósfera, el estado eléctrico del aire y las propiedades llamadas ozonométricas, su estado higrométrico, y todos los meteos acuosos que dependen de él, como asimismo las variaciones en la presion barométrica, los movimientos del aire ó los vientos, las tempestades, y, en una palabra, todos los fenómenos atmosféricos, están intimamente ligados con la reparticion del calor en la superficie del globo.

Por último, un apéndice muy natural y muy importante de esto, se encuentra en la influencia de estas variaciones sobre la salud de los hombres, de los animales y de las plantas.

Todas estas cuestiones son del dominio de la estadística. Aun pasará mucho tiempo para que se analicen y se resuelvan; sin embargo podemos indicar ya el hecho general siguiente, puesto en evidencia por las comparaciones de M. Ch. Sainte-Claire-Deville.

Cuatro momentos en el año llaman principalmente la atención por el descenso de temperatura y la perturbacion atmosférica que producen: son las épocas próximas al 12 de febrero, al 12 de mayo, al 12 de agosto y al 12 de noviembre.

El frio periódico del mes de mayo es una tradicion popular: los horticultores llaman *los tres santos de hielo* á san Mamerto, san Pancracio y san Servacio, cuyos aniversarios son el 11, el 12 y el 13 de mayo. Esta es una coincidencia bien notable.

En febrero la marcha general es la misma, pero de una manera mas marcada. El descenso despues del 7 de febrero es muy brusco y va directamente al 12, que no presenta mas que un minimo en el centro mismo de los *santos de hielo* de febrero.

Como febrero, representa en nuestros climas, los climas del Norte, todo es estremado en este mes; el ascenso como el descenso. Por el contrario, en agosto, que asemeja algo nuestro clima al clima tropical, todo es mas suave y menos brusco, y el pequeño movimiento sensiblemente paralelo al del 10 al 14 de mayo, ó si se quiere los *santos de hielo* de agosto, se prolonga hasta el 16.

En noviembre como en agosto la progresion, naturalmente decreciente de la temperatura, lucha con las influencias que tienden á una calefaccion anormal. Los puntos de retroceso corresponden perfectamente con los de los otros tres meses, y uno de estos últimos dá el *retorno de san Martin*.

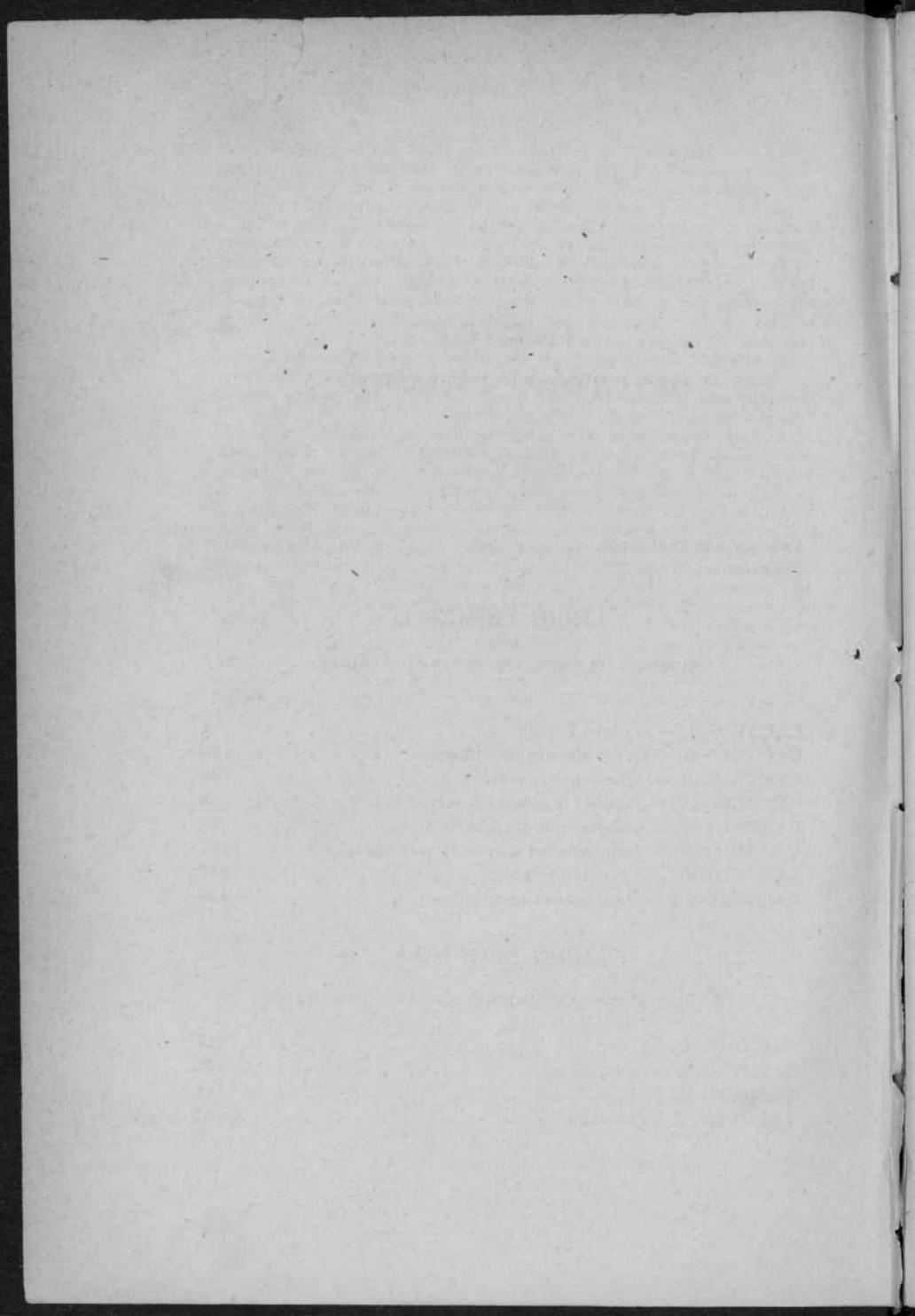
La consideracion de un gran número de años, indica en Londres y en Berlin, como en Paris, que hay cierta solidaridad entre los cuatro días de la misma fecha combinados en su temperatura media.

M. Ch. Sainte-Claire-Deville ha podido demostrar que estos curiosos periodos se encuentran en los documentos meteorológicos mas antiguos conocidos; por ejemplo, en las observaciones testuales de los discípulos de Galileo y de la Academia del Cimento. Estas observaciones se reparten en 15 años (1633-1670). Se encuentra en ellas el mínimo de los Santos de hielo que cae en el 12 con una exactitud maravillosa, y se perciben las notables relaciones entre las inflexiones de su curva y las de la observada en los periodos parisienses.

Es indudable que desde hace dos siglos y en la region de Europa que habitamos, las anomalías periódicas de la temperatura, algunas de las cuales eran proverbiales entre nuestros antepasados, se han presentado con los caracteres indicados mas arriba.

El modo de coordinar estos datos, que hace mas notable la solidaridad de las perturbaciones periódicas de los cuatro meses, es el que aproxima los días, no por las posiciones equidistantes del Sol en longitud, sino por la igualdad de los tiempos transcurridos. Combinar cuatro á cuatro los días de la misma fecha en este período era lo mismo, poco mas ó menos, que combinar en conjunto cuatro días colocados en la órbita terrestre á distancias iguales en tiempo. Esta combinacion manifiesta evidentemente que hay cierta clase de solidaridad entre los cuatro días colocados en la órbita terrestre á distancias iguales. Para esta demostracion, M. Deville ha discutido 160 días repartidos en cuatro períodos opuestos de 40 días cada uno, en el centro de los cuales se hallan colocados los plazos singulares de febrero, mayo, agosto y noviembre.

Algunos astrónomos, y entre otros Erman y Petit, han atribuido estos fenómenos frigoríficos á las masas de asteroides que se interponen á veces entre el Sol y la Tierra y que siguen en el espacio, segun se ha visto en la página 263, órbitas segun las cuales tienen que pasar por entre ambos astros.



INDICE

DEL TOMO PRIMERO.

PRÓLOGO DEL TRADUCTOR.	V
PREFACIO.	IX

LIBRO PRIMERO.

NUESTRO PLANETA Y SU FLUIDO VITAL.

	Páginas.
CAPITULO I. — El globo terráqueo.	4
CAPITULO II. — La envoltente atmosférica.	10
CAPITULO III. — Altura de la atmósfera.	20
CAPITULO IV. — Peso de la atmósfera terrestre.	38
CAPITULO V. — Composición química del aire.	59
CAPITULO VI. — Influencia del aire en la vida terrestre.	83
CAPITULO VII. — El sonido y la voz.	110
CAPITULO VIII. — Ascensiones aeronáuticas	124

LIBRO SEGUNDO.

LA LUZ Y LOS FENÓMENOS ÓPTICOS DEL AIRE.

CAPITULO I. — El día.	139
CAPITULO II. — La tarde.	153
CAPITULO III. — La noche.	172
CAPITULO IV. — La mañana.	182

CAPITULO V.— El arco-iris.	192
CAPITULO VI.— Antelios.	202
CAPITULO VII.— Halos.	213
CAPITULO VIII.— El espejismo.	238
CAPITULO IX.— Las estrellas fugaces.	261
CAPITULO X.— La luz zodiacal.	276
CAPITULO XI.— Accion general de la luz en la naturaleza.	283

LIBRO TERCERO.

LA TEMPERATURA.

PARTE PRIMERA.

LAS ESTACIONES.

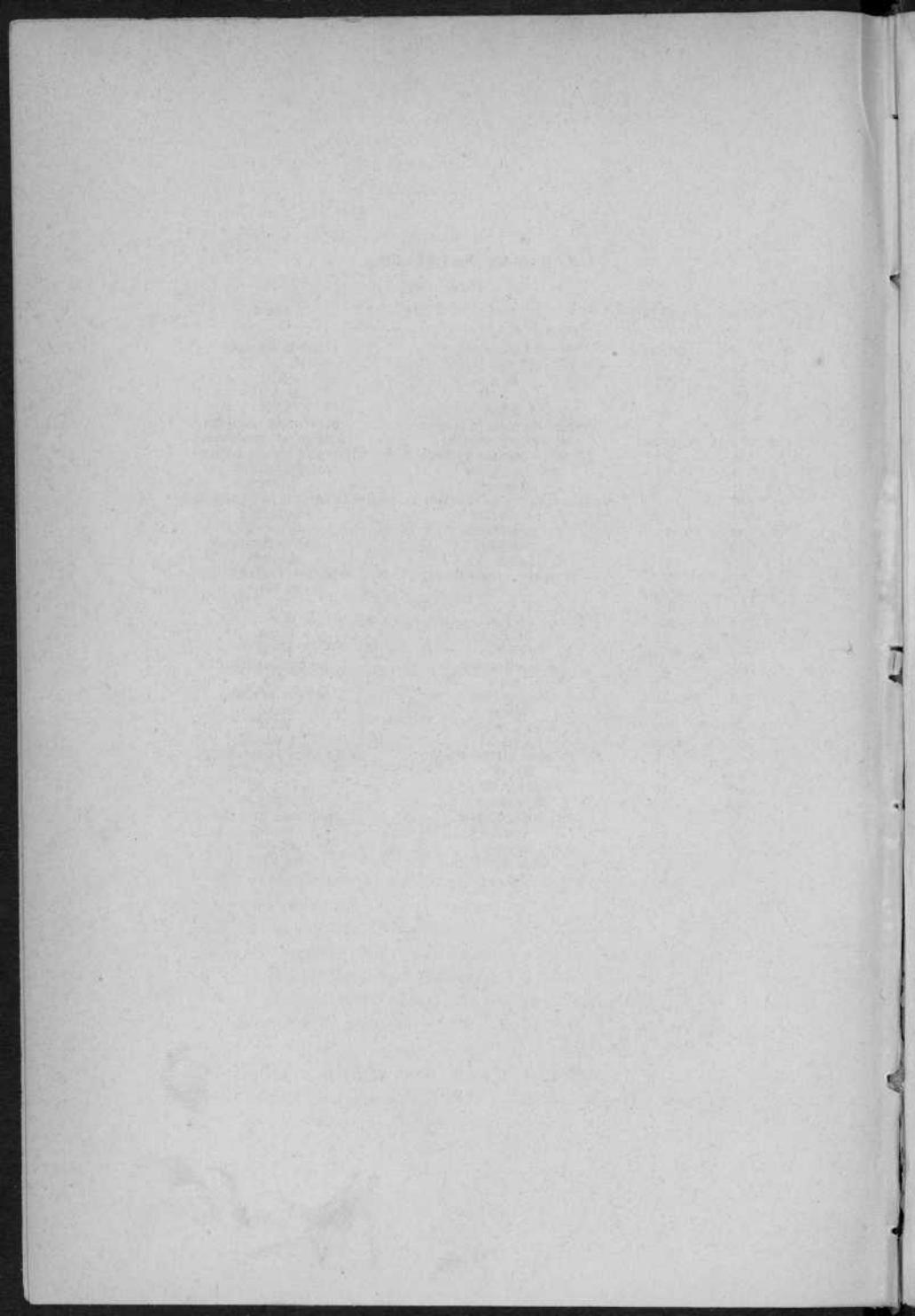
CAPITULO I.— El Sol y su accion sobre la Tierra	294
CAPITULO II.— El calor en la atmósfera.	312
CAPITULO III.— Las estaciones.	339
CAPITULO IV.— La temperatura.	357
CAPITULO V.— La primavera: el verano.— La vida vegetal y animal.— Grados de calor necesarios á las diversas plantas.— Los cereales; el trigo; la cosecha.— La viña; la vendimia.	389
CAPITULO VI.— El otoño: el invierno.— La tierra vegetal.— Paisajes de invierno.— El frio.— La nieve.— El hielo.— La escarcha.— El sereno, etc.	420

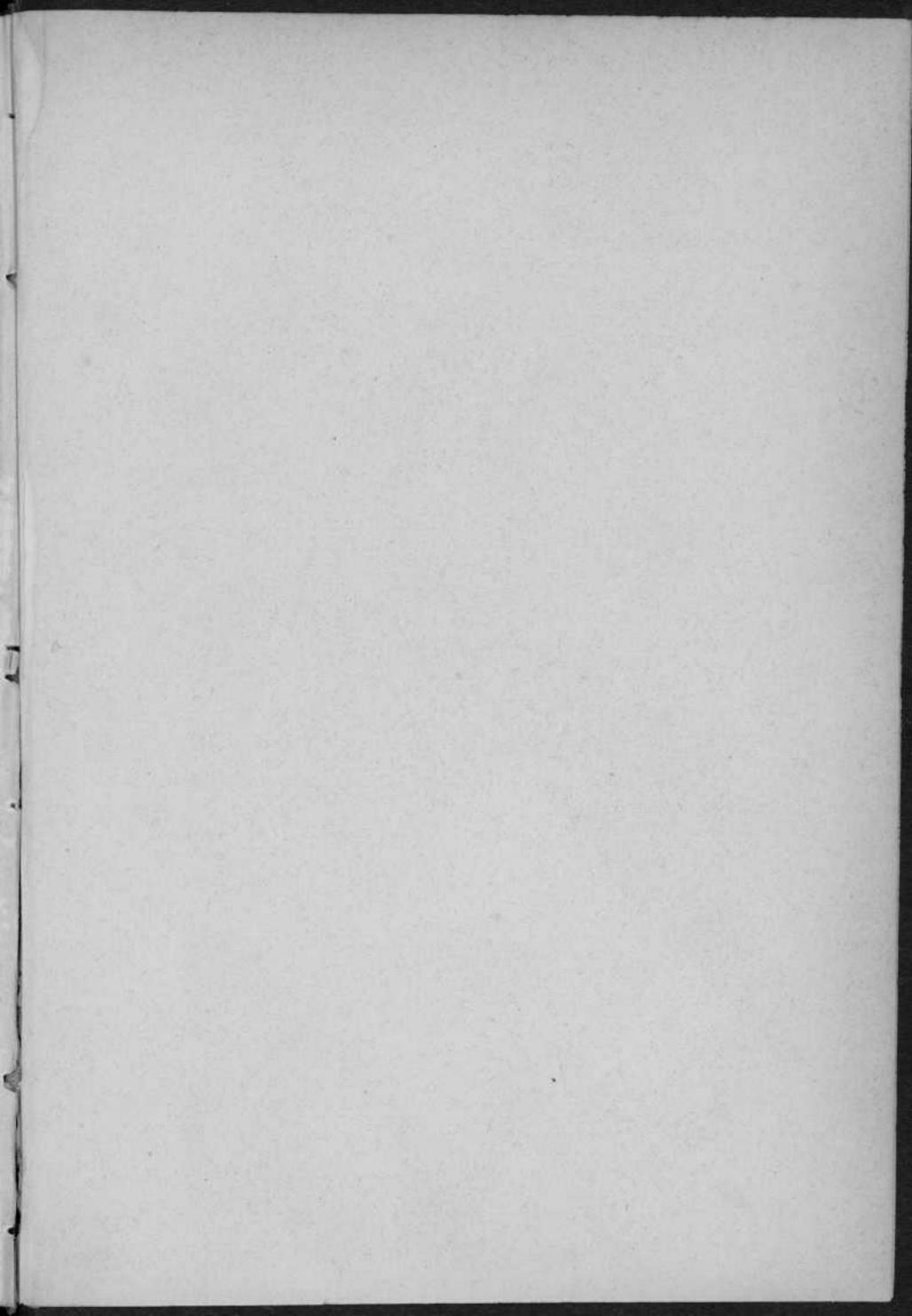
APÉNDICE.

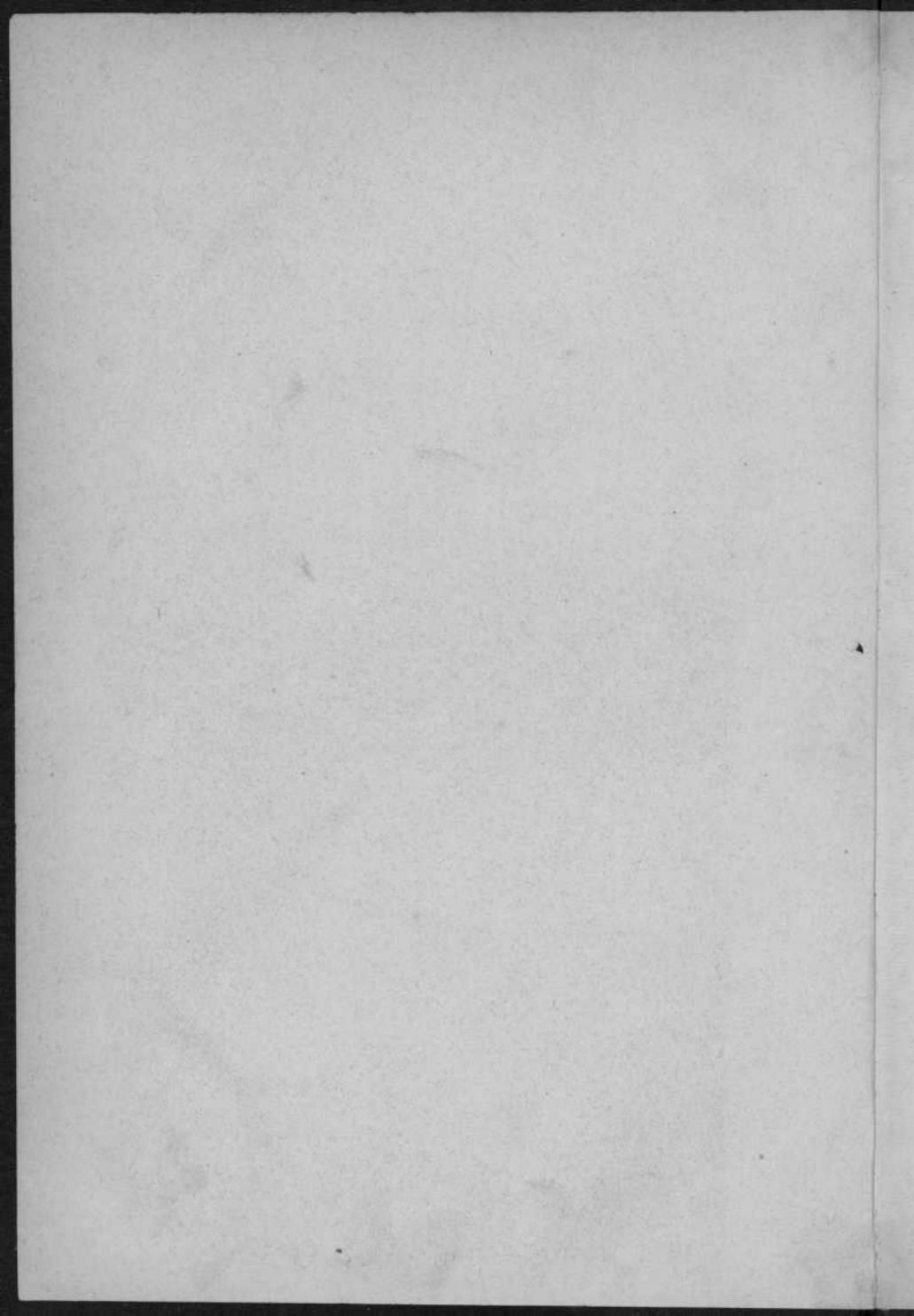
I.— Sobre los sonidos que se perciben en globo.	435
II.— Cuadro de las molestias que se sienten en las montañas elevadas.	436
III.— La refraccion atmosférica.	457
IV.— Variacion de la duracion del dia en Francia.	458
V.— Posiciones y aspectos del halo	459
VI.— Halos notables observados en estos últimos tiempos.	460
VII.— Sobre la direccion de las estrellas fugaces y su distribucion en el espacio.	463
VIII.— Sobre la temperatura de los manantiales.	463
IX.— Sobre los « Santos de hielo » de febrero, mayo, agosto y noviembre.	id.

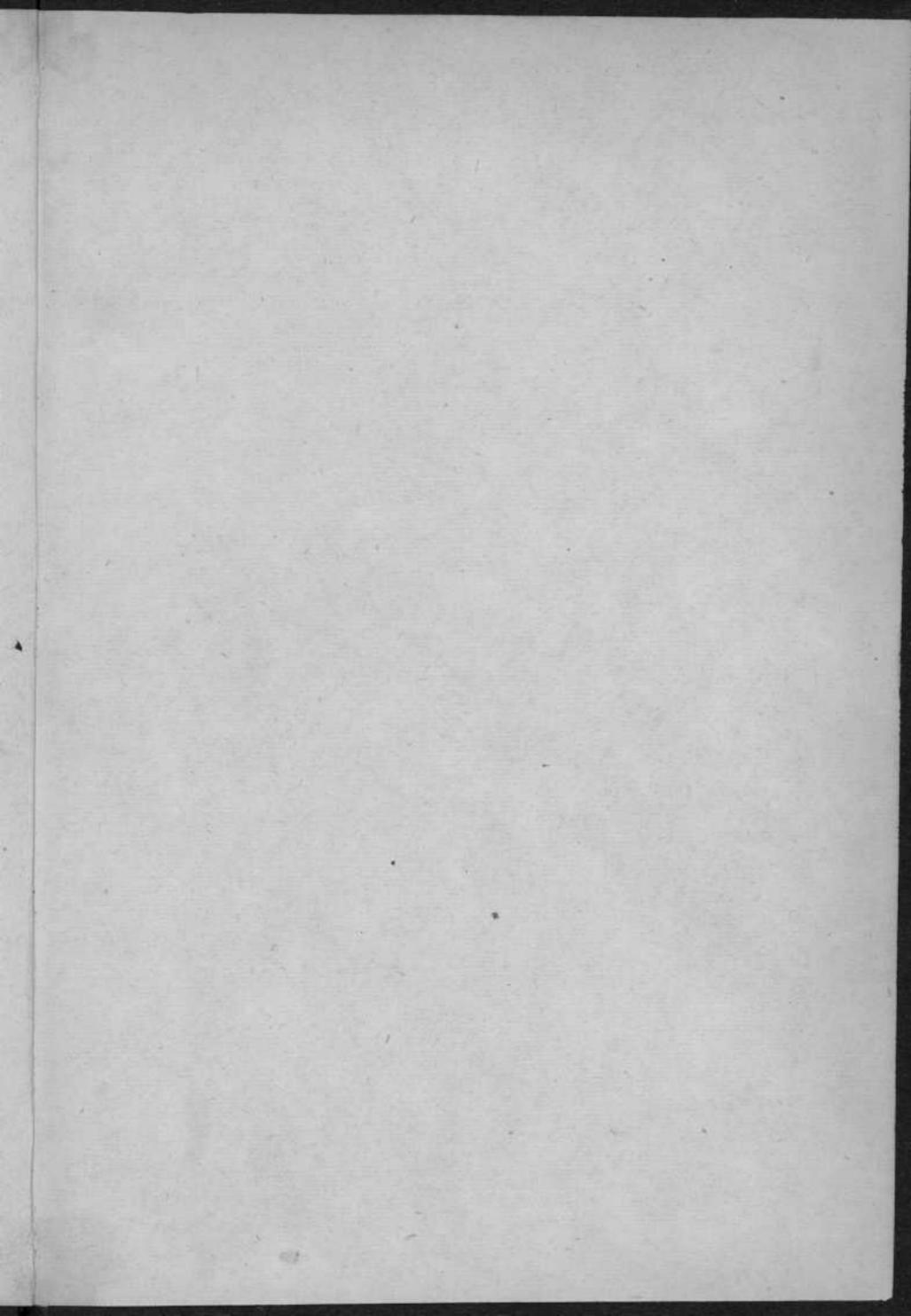
ERRATAS NOTABLES.

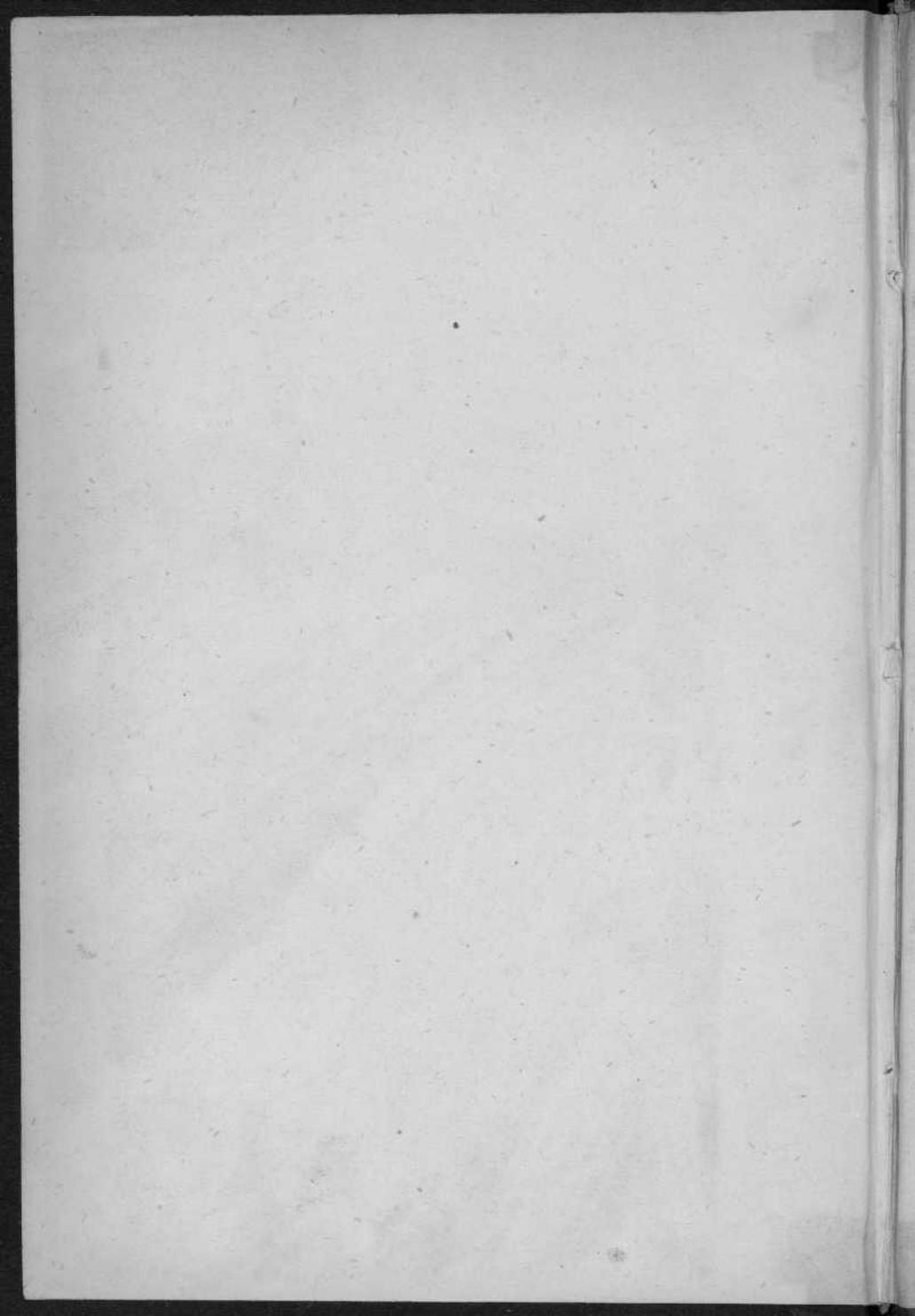
PÁGINAS.	LÍNEAS.	DICE.	LEÁSE.
2	última	80 kilómetros	50 kilómetros
21	10	17 + 17	17 × 17
27	25	O A	O C
ld.	34	O A E	O A C
58	19	XVIII	XVII
45	2	despues de haberle puesto	poniéndole despues
95	penúltima	nitrógeno contenido	hidrógeno, contenidos
154	59	50 reales por día y homo	250 reales por día y horno
144	56 y 57	marisabidías	marisabidías
184	6	decenso	intenso
485	7	que la naturaleza ha sometido á	á que la naturaleza ha sometido
301	1	reparacion	separacion
216	44	reflexion	refraccion
219	45	reflexion	refraccion
251	17	pidiesen	pidieron
266	10	fraccion, trazando	fracciona. Trazando
275	última	99,958	99,758
274	12	$\frac{1}{10}$	$\frac{1}{10}$
289	12	medir	medir
296	23	funcion	fusion
500	última	17055	17655
505	22	del combustible	del combustible,
551	15	era	sea
545	51	en que vive	en que se vive
535	22	marzo	mayo
558	50	llega, pues,	llega
582	última	La fig. 55	La fig. 56
565	2	de 56 años (1806-1851)	de 76 años (1806-1871)
564	51	10°, 8	— 10°, 8
568	18	70°, 80	7°, 80
ld.	22	del calor á	del calor en
376	5	con sus próximos	próximos con sus
409	15	punto	punte
415	28	de aire	del aire
450	9	de la nieve	del hielo
449	45	25°, 5	— 25°, 5







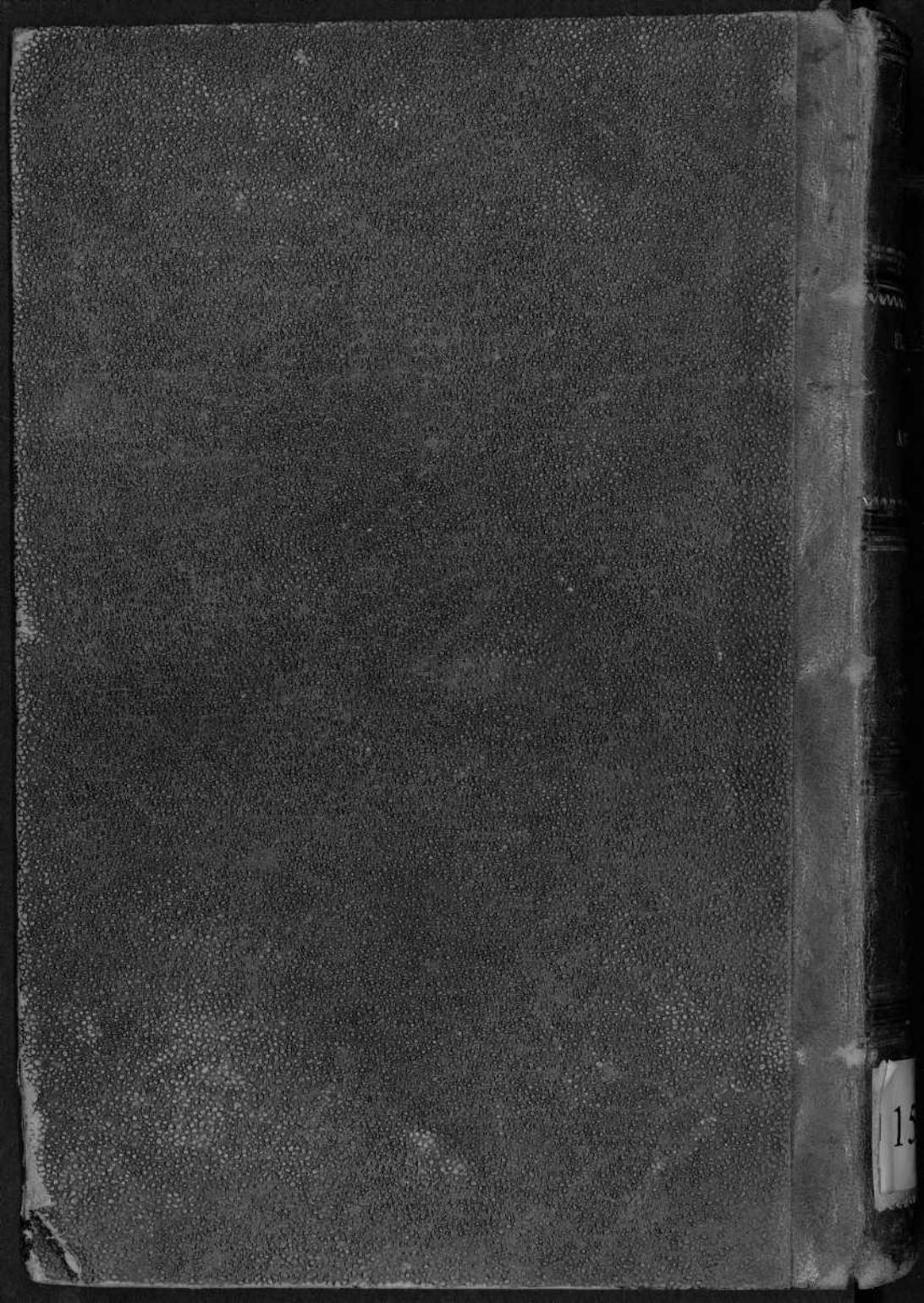




ESTANTE 9.º

Tabla 2.^a

N.º 19



15

FLAMMARION

LA
ATMOSFERA

1

15.276