

ELISEO RECLUS

LA
ATMOSFERA

EDITORIAL AMERICALEE



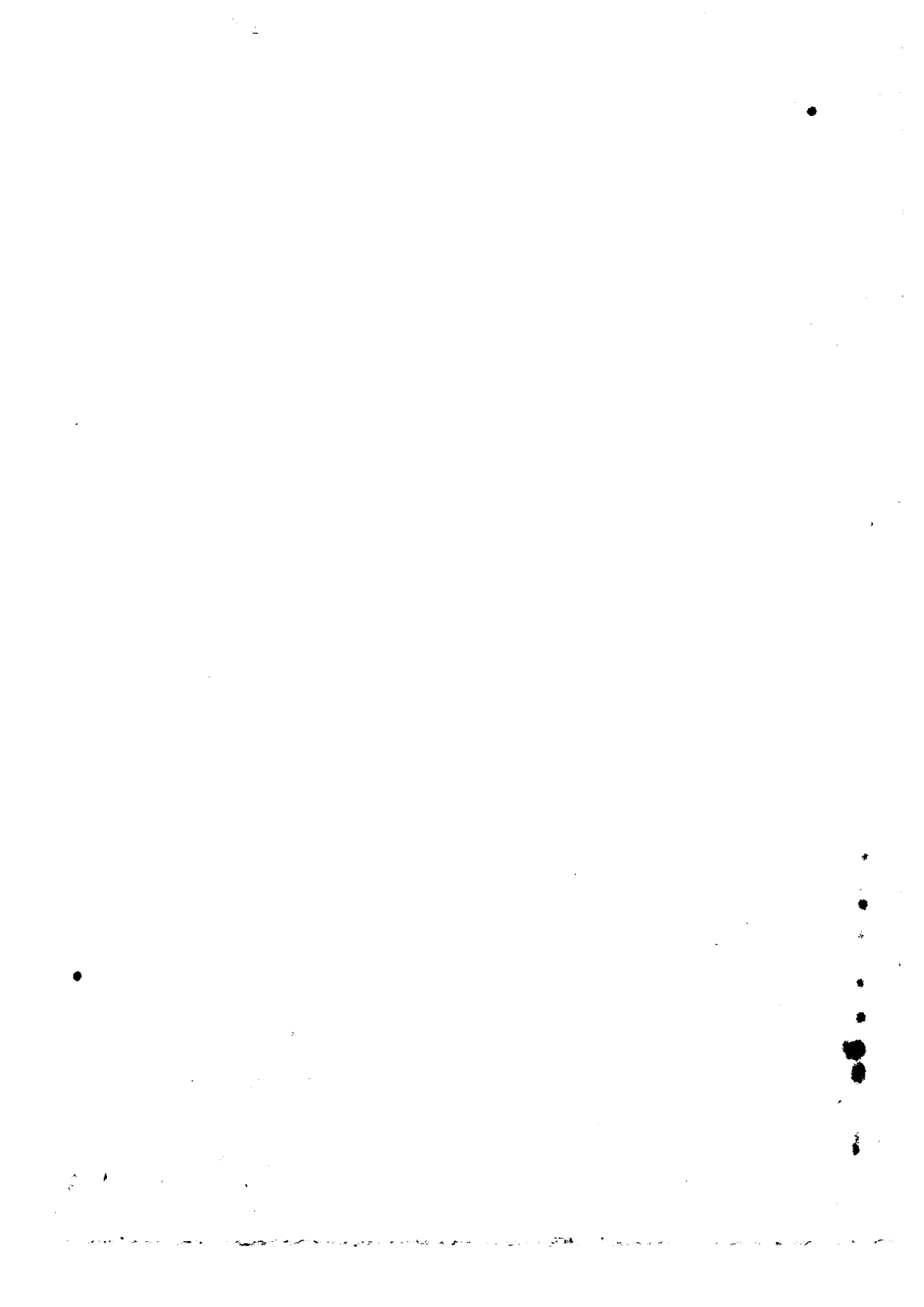
A

Alfred.

En el 27 de Diciembre 1945.

De sus hermanos.

Alfred.



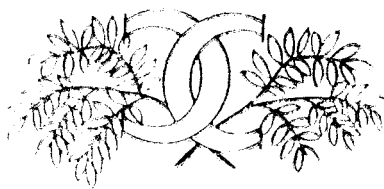
E. RECLUS • LA ATMOSFERA

TOMO NR. 2
DE LA COLECCION CIBELES

ELISEO RECLUS

LA ATMOSFERA

Traducción de Roberto Robert
Revisada y corregida por
Horacio E. Roqué



EDITORIAL AMERICA LEE
BUENOS AIRES

PRÓLOGO

EL HOMBRE Y LA NATURALEZA EN LA OBRA DE ELISEO RECLUS

ELISEO RECLUS ocupa, como geógrafo, un puesto propio. No se puede decir que él forme parte de una escuela ni se lo puede hacer cuadrar rigurosamente en la corriente del pensamiento geográfico de su tiempo.

Su obra que, por lo menos en apariencia, es preferentemente descriptiva, lo pone un poco fuera de aquel vasto movimiento que en el siglo pasado aportó a las ciencias geográficas más de una contribución de ideas generales directivas que de nuevos datos, más de un contingente de pensamiento filosófico que de materiales de estudio. Por esto Ratzel pudo decir que Reclus reiniciaba en la "Nueva Geografía Universal" "con nuevas ideas y en forma más elaborada" las tradiciones de Bushing, sabio del siglo XVII, que había tratado ampliamente la geografía desarrollando en forma especial la parte estadística.

Pero si bien Reclus no nos ha dejado ningún tratado doctrinario respecto a los problemas de la ciencia geográfica, no quiere decir que estos problemas no los haya tenido en cuenta. Sólo que en lugar de hacerlos materia de una obra especial, los resuelve a medida que se le presentan a propósito de casos particulares. Para estudiar sus ideas es necesario, por lo tanto, obtenerlas de sus obras descriptivas, en las cuales él las aplica cuando se presenta la ocasión. Un tratado de índole general no habría correspondido al principal objeto que se proponía:

el de difundir lo más posible el conocimiento de la Tierra para hacerla amar.

A formar el pensamiento geográfico de Reclus contribuyen varios elementos: el primero entre todos es la enseñanza de Ritter y el estudio de los grandes geógrafos anteriores. Este elemento principal, es sin embargo, corregido e integrado por los otros, es decir por las ideas que filósofos y naturalistas habían hecho casi populares en el tiempo en que Reclus publicaba sus libros, por las ideas políticas del mismo Reclus, ideas que le llevaban a mirar los problemas de geografía humana desde un punto de vista distinto del acostumbrado y, en fin, por todo el patrimonio de observaciones personales y directas adquiridas en sus largos viajes.

Para comprender la posición de Reclus es necesario, entonces, ante todo, referirnos a la de algunos de los geógrafos que le precedieron y especialmente a la de Carlos Ritter, de quien, como discípulo, sin duda, ha sentido la influencia aunque sus ideas, en cuestiones de política y de religión, le hayan alejado mucho del punto de vista del maestro.

En el siglo XVIII la geografía era concebida como un árido catálogo de datos, de hechos, y el mismo Kant, en su "Geografía física" no se eleva, en este aspecto, muy por encima de sus contemporáneos. Para encontrar obras en las que la geografía sea verdaderamente concebida como ciencia, es decir como un complejo organismo en el cual los diversos factores se dispongan en relaciones de coordinación y subordinación recíprocas y se expliquen mutuamente bajo el gobierno de leyes generales, es necesario llegar a Alejandro von Humboldt (1769-1859) y a Carlos Ritter (1779-1859), cuyas obras principales aparecen en el siglo XVIII y en la primera mitad del siglo XIX.

Partidarios de dos corrientes muy diversas, ellos se integran maravillosamente. El primero, viajero y explorador, cultivó sobre todo la geografía física y a ésta dió la máxima importancia; el segundo, estudioso genial, tendió más a la síntesis que al análisis, aportó a las obras geográficas su espíritu filosófico y tuvo en mira, más que la descripción de los hechos en sí mis-

mos, las concepciones generales y sintéticas que de los hechos pueden deducirse.

En 1859 estos dos colosos de la ciencia murieron con breve intervalo el uno del otro, y en los treinta años que siguen, empezaron a aparecer las obras más importantes de los geógrafos de la generación siguiente: Peschel, Reclus, y luego Ratzel y Richtofen, para hablar sólo de los principales, pues todos más o menos, sintieron la influencia de Ritter y de Humboldt y continuán su tradición, también cuando les critican, y especialmente entonces.

Reclus ocupa, como he dicho, un puesto muy apartado aunque eminente, en la serie de estos geógrafos; sin embargo entra en su corriente en cuanto tiene, como ellos, estrechas relaciones de pensamiento con Ritter. Se puede decir que en él confluyen las dos corrientes: humboldtiana y ritteriana, en que se había dividido el campo geográfico antes de él, ya que trata tanto de geografía física como se dedica a la descripción, pero la subordina ésta a aquella que era el objetivo principal de Ritter, es decir, al estudio del hombre y de sus relaciones con la tierra.

Ritter tiene una posición intelectual interesante por la variedad de elementos culturales que contribuyeron a la formación de su pensamiento.

Las teorías del enciclopedismo francés del siglo XVIII, absorbidas durante su juventud y las ideas románticas que dominaban incontrastadas el campo de la cultura durante el período de la madurez, dejaron igualmente rastros en su ánimo.

Esta educación filosófica, unida a los intentos educativos que él señalaba a su ciencia y a la visión teleológica del Universo, consecuencia de su ardiente fe religiosa, debieron inducirle a dedicarse más a la síntesis que al análisis y a considerar los datos más como material bruto para la construcción de su edificio ideal que como objetos exclusivos de su estudio.

Él estaba impresionado por la armonía y el orden que reina en la estructura de la tierra; nada, para él está puesto al acaso, fuera de aquel orden y de aquella simetría maravillosa, hecha de analogías y de contrastes, que elevan la tierra a la

dignidad de un organismo uno en sí mismo y completo. Estudiar esta armonía, estudiar estas relaciones, he aquí el objeto de la "Geografía comparada", de esta ciencia que tuvo en Ritter su primer investigador sistemático.

Esta concepción orgánica del Universo encuentra en el pensamiento ritteriano su más fecunda aplicación en el estudio de las relaciones existentes entre la tierra y el hombre. El mismo título de su obra principal "Geografía general comparada en relación con la naturaleza y la historia del hombre", demuestra que estas relaciones son su principal preocupación.

Pero en la enseñanza y en las obras de Ritter aparece no sólo el hombre de ciencia, sino también el creyente, y la fe no tiene en la formación de su pensamiento una parte menor de la que posee la búsqueda científica. Luterano ferviente, aplicaba la doctrina de la predestinación a las relaciones entre el hombre y el suelo por él ocupado. No se conformaba con decir que una dada configuración física de un territorio ha favorecido una determinada forma de civilización sino que afirmaba que la Divinidad ha dado aquellas determinadas cualidades a aquel territorio precisamente para que en él se desarrollara aquella civilización. En las consideraciones físicas del suelo terrestre estaba ya escrita "a priori" desde el principio de los siglos, toda la historia humana. Esta concepción finalista es muy poco científica y constituye la parte más débil y caduca del pensamiento geográfico ritteriano.

Por otra parte, despojada de este barniz teológico, la idea fundamental de la obra de Ritter, idea verdaderamente fecunda, no se puede decir que sea del todo original. Es una idea de antiquísima tradición y que se encuentra de vez en cuando en la evolución del pensamiento desde los tiempos de Grecia y de Roma hasta el siglo pasado. El mérito de Ritter está en haberla considerado más bajo el aspecto histórico o filosófico que bajo el aspecto geográfico, inaugurando aquella nueva rama de la geografía que ha tomado ahora el nombre de "Geografía humana" o "Antropogeografía".

Ritter señaló el camino a seguir, pero es necesario llegar

a Ratzel (1) para tener un verdadero y propio sistema de ideas antropogeográficas, sistema muy vasto y, en parte, incompleto, que puede estar sujeto a muchas críticas, pero que por lo menos tiene el mérito de haber dado un extraordinario impulso a esta clase de estudios. Desde entonces, precisamente han aparecido muchas obras sobre este argumento, hasta llegar a la magistral "Geographie humaine" de J. Brunhes.

Cuando en 1851-52 escuchaba las lecciones de Ritter, Reclus quedó fascinado ante la concepción grandiosa que éste tenía de la tierra y de la unidad indestructible con la vida de los hombres; quizá a su pensamiento todavía creyente, no repugnó siquiera la parte teológica de la filosofía ritteriana. Y si más tarde, hecho materialista, repudió toda la fe religiosa y, por lo tanto, también la doctrina ritteriana de la predestinación geográfica, el concepto que una vez le había entusiasmado, de la tierra madre y educadora de la humanidad, cuna y al mismo tiempo factor de su historia, permaneció en él. El predominio de la filosofía positivista y del sistema darwinista pudo destruir los otros lados de la construcción de Ritter, pero no se molestó en nada a esta idea, más bien contribuyó, como es natural, a confirmarla.

Toda la obra de Reclus se puede considerar de geografía humana, ya que también cuando describe la naturaleza física de un territorio lo hace siempre en relación a las condiciones del pueblo que sobre ese territorio habita. También independientemente de la enseñanza ritteriana, un hombre del carácter de Reclus, como en literatura no habría concebido el arte, en el campo científico no habría entendido la ciencia por la ciencia. Para él, soñador de libertad, la ciencia es un medio de liberación. Mientras más el hombre conozca la naturaleza, menos deberá sufrir su yugo y mejor podrá seguir, aun en contraste con ella, la propia libre iniciativa.

Y es natural que desde este punto de vista la parte más

(1) Ratzel, "Antropogeografía", I Edic. 1882. II Edic. 1899

importante de la geografía sea aquella que se refiere al hombre y a sus relaciones activas y pasivas con la tierra.

La primera obra importante de Reclus, "La Tierra" (1868-69) es verdaderamente una obra de pura geografía física, en la cual se examinan uno tras otro los diversos aspectos de la superficie terrestre, pero el autor ha dicho siempre que considera este primer trabajo como un prefacio de su obra fundamental "La Nueva Geografía Universal" (1874-93), estudio detallado en 19 tomos, de la tierra y de sus habitantes, de la cual, a su vez, el último libro "El Hombre y la Tierra", publicado después de su muerte, servirá de conclusión. Por este diseño preciso, ya establecido desde el principio de su actividad, aparecen la extraordinaria lucidez y el equilibrio de esta mente que en el espacio de casi medio siglo acierta a mantener a través de los inevitables cambios de ideas, de hábitos y de ambiente, que en general producen cambios también en la dirección de las propias acciones y de los propios trabajos, el mismo programa, y no se apaga sin haber antes puesto a su obra la palabra "fin", y la idea informatriz de esta larga y serena obra de sabio, conducida a través de una vida tempestuosa y llena de aventuras, es una sola: estudiar la tierra para estudiar al hombre, estudiar el hombre para conocer los medios que puedan mejorarlo y elevarlo.

Cuando en 1895 Blessich le interrogó sobre sus relaciones doctrinarias con Ritter, Reclus contestó: "No soy de ninguna escuela geográfica y busco simplemente la verdad como debemos hacerlo todos. Si se quiere llamarme ritteriano porque he sido alumno y amigo de Ritter, existe el derecho, pero Ritter era cristiano y yo no lo soy, además él no daba mucha importancia a la reacción del hombre sobre el ambiente".

Entonces Reclus no es secuaz de Ritter en el sentido restringido del vocablo, pero bien se puede decir que fué su verdadero discípulo y el verdadero continuador por cuanto lo critica y lo supera.

Tomó del maestro el concepto de la influencia del ambiente geográfico sobre el hombre y lo sometió a una detenida reela-

boración llegando, alguna vez contemporáneamente a otros estudiosos, a conclusiones que fueron tomadas más tarde y que en gran parte son aceptadas aún ahora por los cultores de la geografía humana.

En "La Tierra" él está todavía casi completamente bajo la influencia de Ritter, y, en la parte que trata de la vida humana sobre nuestro planeta, adopta a veces hasta la misma fraseología ritteriana.

"Se puede decir —exclama— que el desarrollo de la humanidad estaba escrito desde el principio en caracteres grandiosos sobre los altiplanos, sobre los valles, sobre las playas de nuestros continentes" (2). Este acuerdo entre el hombre y la tierra está hecho de analogías y de contrastes; es una armonía resultante de una lucha, como lo es siempre la armonía de un cuerpo orgánico. "De la acción del planeta sobre el hombre y de la reacción del hombre sobre el planeta nace la armonía que es la historia de la raza humana" (3).

Examinando una a una las diversas partes de la superficie terrestre, altiplanos, costas, islas, etc., examina las correspondientes formas de civilización; aplicando con más o menos vigor las doctrinas ritterianas que había hecho suyas. La crítica que se le puede hacer, como puede hacérsele también a Ritter y a muchos otros cultores de la geografía humana, es que daba un valor absoluto a sus deducciones —mientras se permanece en el campo de la materia bruta se puede hablar de leyes y se puede dar un valor preciso y matemático; pero esto no se puede hacer cuando entra en cuestión el hombre, cuya actividad es determinada por estímulos exteriores, pero sólo después que estos estímulos han sufrido una elaboración interior, elaboración que puede cumplirse en un sentido u en otro.

No se puede someter la infinita variedad de la psiquis humana dentro de esquemas fijos y rígidos; y si, tratándose de grandes masas, ciertas reglas pueden enunciarse, ellas tienen

(2) E. Reclus, "La Terre", II Vol. Pág. 623. Hachette, París 1869.

(3) Idem, pág. 624.

siempre un valor aproximativo y grosero. Aún prescindiendo del problema de la libertad del espíritu humano, problema que está bien lejos de estar resuelto, y suponiendo demostrado que la voluntad del hombre es el producto del ambiente externo, este ambiente está formado de tantos y tan diversos elementos que el formular leyes resulta siempre imposible. Es muy imprudente afirmar que un territorio debía "necesariamente" dar origen a una determinada forma de civilización.

Precisamente ahora el determinismo de un Ritter, de un Reclus, de un Ratzel, se va substituyendo cada día más, especialmente por obra de la escuela francesa de "Vidal de la Blache", con la doctrina que se podría llamar del posibilismo, es decir, con el concepto de que un territorio no determina necesariamente la historia del pueblo que lo habita, pero le ofrece simplemente posibilidades para disfrutar. El factor "hombre" tiende a pasar más y más a primera línea.

Por otra parte, tampoco a Reclus se le puede llamar absolutamente determinista, si exceptuamos sus primeras obras en las cuales la influencia de Ritter dominaba todavía enteramente. Poco a poco, la duda empezó a abrirse camino y engendró, en contraste con las rígidas teorías ritterianas, algunas contradicciones, hasta que en sus últimas obras alcanza el equilibrio en el cual la tendencia a valorizar la acción humana y a sustraerla del dominio del ambiente geográfico prevalece casi definitivamente. En su último libro precisamente dice: "En vano los geógrafos han intentado clasificar en un orden definitivo la serie de los elementos del ambiente que influyen sobre el desarrollo de un pueblo; los múltiples fenómenos entrelazados de la vida no se dejan catalogar en un orden metódico" (4).

Además, afirma que en la historia de los pueblos el valor de la tradición de toda la herencia del pasado es tan grande como la del ambiente natural. El tiempo y el espacio, el ambiente dinámico y el ambiente estático, son los dos factores primor-

(4) E. Reclus, "L'Homme et la Terre", Vol. I, pág. 118, Librairie Universelle, París.

diales cuyas acciones se enlazan infinitamente y cuyos efectos son muy difíciles de separar. Pero la posición más justa respecto a este problema la alcanza quizás en algunas frases del prefacio que en 1889 escribió para el libro de León Metchnikoff: "La civilización y los grandes ríos históricos" (Hachette, París): "No es en el ambiente en sí donde se debe buscar la razón de ser de las instituciones y de la civilización de un pueblo con los fenómenos de la naturaleza circundante". En esta afirmación tanto la acción del ambiente como la humana tienen su justa parte.

Un importante paso superando a Ritter lo cumple Reclus también cuando reconoce que el hombre y la tierra se encuentran frente a frente, no como un elemento dinámico con un elemento estático, sino como dos elementos en continuo devenir; las relaciones entre el uno y el otro mudan no sólo porque muda el hombre sino también porque muda la tierra. Ritter no había llegado a este concepto; para él la tierra es el teatro de la historia humana, interviene también activamente en esta historia, pero esta intervención sigue siempre la misma línea, es siempre uniforme. Lo mismo Ratzel, que considera el suelo como "un asiento rígido de las mudables aspiraciones del hombre" (5). En cambio, Reclus tiene la visión de la evolución contemporánea de la tierra por una parte y de la humanidad por la otra y examina las influencias recíprocas de estos continuos cambios.

Ya en "La Tierra" Reclus reconoce que las relaciones del hombre con la naturaleza lejos de debilitarse con el progreso de la civilización, como algunos decían, se intensifica; sólo cambian de forma: "después de haber sido para el globo en que vivimos simples productos apenas conscientes nos transformamos en agentes siempre más activos en su historia" (6). Primero el hombre se adapta a la naturaleza circundante, ahora procura adaptar la naturaleza a sus necesidades. Como él mismo lo

(5) Ratzel, "Le sol, la société, l'Etat". (En "Année sociologique", 1898-99.

(6) Reclus, "La Terre", II Vol., pág. 624.

hace notar, el punto en que Reclus se aleja más de Ritter es, precisamente, el de la importancia que da al hombre como agente natural, como modificador de la superficie terrestre. La historia de un pueblo está influenciada por la fertilidad o la esterilidad del país que este pueblo habita, es verdad; pero también es verdad que a menudo el hombre con su acción paciente y obstinada puede transformar en fértil un territorio que antes no lo era o, con descuido y sus errores, puede esterilizar un territorio fertilísimo; y esta modificación en el ambiente natural tiene por consecuencia una modificación también en la influencia que el ambiente ejerce sobre la historia humana.

Como se ve, en estos conceptos ya expresados en "La Tierra" hay ya una superación del determinismo ritteriano. Pero no es necesario creer que sólo Reclus haya considerado al hombre como agente en la modificación del ambiente geográfico (en 1863 había aparecido el libro de Marsh "El Hombre y la Naturaleza", y poco después el del americano "Arnaldo Guyot", uno de los autores preferidos por Reclus, titulado "La Tierra y el Hombre"; estos dos trabajos ahora muy anticuados, aunque el primero se lea todavía con interés, desarrollan el concepto de la influencia del hombre sobre la tierra.

Más tarde, al principio de este siglo, A. Worikoff, profesor de Geografía física de la Universidad de San Petersburgo, trataba "de la influencia del hombre sobre la tierra" (dando sobre todo importancia a la acción del hombre sobre el clima por medio de la supresión o de la plantación de bosques, de la irrigación, etc.) en los "Annales de Géographie" (7), y recordaba con elogio entre sus predecesores a Reclus.

Lo que más profundamente separa a nuestro geógrafo de su maestro Ritter es, como se ha visto, el hecho de que este último fué educado en un ambiente romántico, en la escuela de Herder, mientras el primero maduró su inteligencia bajo la influencia del darwinismo y de la nueva corriente científica evolucionista. Perdida bien temprano la fe en Dios se había acercado cada vez

(7) Nº 50, X année, 15 mars. 1901.

más al materialismo de Buchner, sea porque hacía él llevaba la orientación política del momento, sea porque esta postura espiritual dominaba entonces casi incontrastada en el ambiente político del cual Reclus formaba parte.

- Estudió a Darwin con pasión y lo cita a menudo en sus trabajos, como también demuestra conocer a fondo las obras de Haeckel, de Wallace, de Mauricio Wagner, de Lyell, de Vogt, de De Candolle, de Marsh, todos más o menos darwinistas.

Ahora, dada la orientación especial de las investigaciones de Reclus, que se desenvuelven principalmente sobre cuestiones de geografía humana, es lógico que la solución dada por los evolucionistas a los problemas sobre el origen del hombre y su adaptabilidad al ambiente natural haya hecho sentir sus efectos sobre algunas partes de la obra de Reclus. En "La Tierra" Reclus está todavía en la incertidumbre sobre el problema del origen de la humanidad y deja la cuestión en suspenso, limitándose a presentar las diversas hipótesis; por lo tanto no se embandera en el entonces vivamente debatido problema entre monogenistas y poligenistas; pero acepta sin ninguna reserva la idea de la adaptación del ambiente y de la selección natural. El mismo principio mantiene todavía en la "Nueva Geografía Universal". En su última obra, en cambio, para la cual se había preparado con largos estudios sociológicos y antropológicos, se demuestra favorable a la teoría del origen animal del hombre y dispuesto a afiliarse entre los poligenistas. Pero en este período la doctrina darwinista de "la lucha por la existencia" sufre en su mente una importante modificación. Esta doctrina tan sugestiva, se había difundido mucho entre los antropólogos y los antropogeógrafos. Ratzel mismo la había recogido entre sus principios fundamentales en la segunda edición de su "Antropogeografía" reduciéndola, sin embargo, casi enteramente, sobre las normas de Maurice Wagner, a la doctrina de la lucha por el espacio.

En el pensamiento de Reclus esta teoría sufrió una transformación mucho más importante, y esto supone la afirmación de la comunidad espiritual que tuvo con Pedro Kropotkin, que el

trabajo científico en común y la común lucha por el ideal libertario los habían hecho casi como hermanos. De Darwin derivaban dos corrientes: una aristocrática e individualista que había desarrollado la doctrina de la lucha por la existencia en el sentido hobbesiano del "homo homini lupus" y del derecho del más fuerte, y que inició a las doctrinas de Stirner y Nietzsche y una segunda que podría llamarse solidarista, que admitía, tanto para los animales como para los hombres, al lado de la guerra, producto de la tentación de cada individuo y de cada especie de apropiarse de ventajas ofrecidas por el ambiente natural en perjuicio de los otros individuos o de las otras especies, el elemento de la fraternidad y de la solidaridad.

A esta segunda corriente pertenecía Pedro Kropotkin, que en los primeros años de este siglo publicó precisamente, en inglés, su "Apoyo Mutuo. Un factor de la evolución", en el cual desarrollaba la idea de que el apoyo mutuo que se prestan los que forman un mismo grupo en la lucha contra otros grupos y la solidaridad que liga en general a todos los seres animados en la necesidad de la defensa contra los obstáculos naturales, constituyen un elemento tan importante como el del antagonismo recíproco de los seres y de la lucha por la vida. Realmente también Darwin había admitido, al lado del principio de la "lucha por la existencia", el de la "solidaridad por la existencia", pero el segundo estaba tan poco en evidencia, que la mayor parte de sus discípulos ignoraban y desconocían este elemento. Kropotkin no hizo otra cosa que dar realce a ese aspecto de la doctrina evolucionista hasta entonces quedado en la sombra, llevando en ayuda de su tesis todo un complejo de eficaces argumentos originales.

En esta nueva dirección dada a la doctrina de Darwin, tuvo muchos partidarios, entre los cuales estaba Reclus, que hizo propia la doctrina del amigo. Las páginas de "El Hombre y la Tierra", dedicadas a demostrar la unión y la colaboración existente entre los animales, y los hombres, hasta entre hombres y animales frente a las dificultades y a los obstáculos que la naturaleza presenta, están llenas de entusiasmo.

Y, además, el ardor y el entusiasmo no falta en ninguna parte de la obra de Reclus, ya que en el fondo, para él el estudio y la obra científica era una de sus armas de batalla, aun la principal. En su mente la conquista de una verdad era, antes que una fría conquista científica, una conquista moral. Le parecía que cada nuevo progreso en el campo del saber acercaba a la humanidad al ansiado reino de la justicia y del amor.

LUCE FABBRI

CAPÍTULO I

EL AIRE Y EL VIENTO

I

*El aire, como agente de la incubación vital del planeta.—
Fenómenos de reflexión y de refracción.—Espejismo.*

TODO sería en nuestro globo muerte y silencio eternos, si nos faltara la atmósfera, envoltura externa del planeta. Esa masa gaseosa, transparente, a veces invisible, y que apenas parece formar parte de la tierra, es, sin embargo, su principal elemento, puesto que es el más movable y donde más circula de la vida. Descansamos en el suelo, pero del aire y en el aire vivimos hombres, animales y plantas, aunque sin volar como las aves; cuantos seres andan, se arrastran o se afianzan con las raíces en la tierra, son hijos de la atmósfera.

Considerado como astro del cielo, nuestro planeta se compone de un núcleo rodeado por dos capas flúidas. Llámase *tierra* especialmente al núcleo sólido, y ocupan el centro del globo las hileras de roca que encierran lavas, metal derretido y una masa de materias desconocidas. La extensión del mar y las redes fluviales cubren ese esqueleto sólido, y por encima de la envoltura acuosa se extiende una segunda capa esférica, más flúida todavía, cuyas corrientes y contracorrientes circulan sin cesar del polo al Ecuador y del Ecuador al polo, con la regularidad del pulmón humano, que consecutivamente se ensancha y se encoge. La atmósfera es, en realidad, el aliento del pla-

neta; semejante a su satélite (al cual la mayor parte de los astrónomos consideran desprovisto de envoltura gaseosa), sería la Tierra un astro muerto que daría vueltas en el espacio si perdiese de pronto las masas de aire que la rodean y dejara de respirar el aliento regular del viento.

El aire sutil y transparente está compuesto de los mismos gases que se encuentran con más abundancia en la costra opaca y sólida de nuestro globo. Los cuatro elementos principales de todo organismo vegetal o animal, oxígeno, ázoe, hidrógeno y carbono, se encuentran asimismo en la atmósfera; los dos primeros como elementos constitutivos del aire, el tercero mezclado con el oxígeno, en forma de vapor de agua, y el cuarto procedente del hálito expirado por los animales y de otros gases producidos por la descomposición de las plantas.

Por falta de alimento necesario se extinguirían pronto animales y plantas si la mezcla de vapores y gases no se verificara a consecuencia del movimiento incesante de las masas aéreas. Suicidaríanse poco a poco hombres y animales absorbiendo de nuevo el ácido carbónico exhalado ya por sus pulmones; sumergidas las plantas en atmósfera oxigenada con exceso, acabarían también por perecer. Afortunadamente, las corrientes aéreas que se enroscan en poderosas espirales sobre la superficie de la tierra, mezclan con uniformidad todos los gases que arrastran, y así distribuyen la vida en cuantos puntos recorren. Llevan a las regiones templadas, que son principal dominio del hombre, el oxígeno exhalado por los numerosos bosques de los trópicos, y a esos bosques les dan el carbono que es vida para los vegetales y sería muerte para el hombre. Animan además el globo, acarreando inmensas cantidades de vapores a las montañas, donde se elaboran los manantiales, y haciendo circular por los mares un aire seco, siempre ávido del agua que en la superficie se evapora. Comparable al corazón en un organismo, la zona productora de las corrientes atmosféricas ocupa la región central del océano de los aires y viaja alternativamente hacia el Norte y hacia el Sur; así se produce en toda la masa aérea un movimiento de sístole

y diástole, el cual imprime el movimiento inicial a las corrientes arteriales que llevan la fecundidad a todos los puntos del planeta.

Cada molécula de gas, pasa, pues, eternamente de vida en vida y se escapa de muerte en muerte. Sucesivamente, viento, ola, tierra, animal o flor, es, a pesar de su pequeñez, símbolo del movimiento infinito. El aire es inagotable manantial del cual recibe aliento cuanto existe, depósito inmenso al cual entrega su último hálito cuanto muere. Todos los organismos dispersos nacen y perecen bajo la acción de la atmósfera. En el aire que respiramos están la vida y la muerte y se suceden perpetuamente una a otra con el cambio de moléculas gaseosas. Los mismos elementos que se escapan de las hojas del árbol los lleva el viento a los pulmones del recién nacido; el último suspiro del moribundo va a tejer la brillante corola de la flor, a componer su penetrante fragancia. La brisa que acaricia suavemente los tallos de la hierba, transfórmase más lejos en tempestad, desarraiga los troncos de los árboles y echa a pique a los buques con sus tripulaciones. Encadenando hasta lo infinito muertes parciales, la atmósfera alimenta la vida universal del globo.

Comparable con el Océano por el circuito incesante de las ondas, el inmenso mar atmosférico no está encerrado, como el agua, en una cuenca limitada por todas partes. Penetran sus moléculas por doquiera, de poco en poco; entran en el seno de la tierra, donde activan la fusión de las lavas; en la profundidad de los mares, donde se fijan en los cuerpos de innumerables animalillos. La atmósfera viaja sin descanso, arrastrando en sus ondas todos los objetos livianos que no están fijos en el suelo. Se apodera de las cenizas del cráter en erupción y las suelta en otro punto del globo, a centenares o millares de kilómetros; arrebatada en sus torbellinos millones de animalillos o nubes de polen que atraviesan los mares y caen como polvo impalpable. Lleva el mismo mar en forma de nubes o meteoros, y lo distribuye en todos los puntos de los continentes; carga con torrentes de electricidad y los exhala con los rayos de la

aurora boreal o con relámpagos y centellas. Es el gran vehículo por cuyo medio se verifica el circuito universal de los elementos que componen la costra sólida, la masa acuosa y los cuerpos organizados.

“El mundo es pequeño”, decía Colón; el mundo es más pequeño gracias al aire, que suprime las distancias. Sea cual fuere el número de metros o de kilómetros recorridos por una semilla, el punto de la tierra en que va a caer no está alejado de la planta madre. Las costas septentrionales del Mediterráneo están cerca de los grandes desiertos africanos, cuyo polvo les lleva el *siroco*; también puede decirse que las riberas del Brasil, hacia las cuales sopla el viento alisio, están contiguas a los lejanos archipiélagos de Azores y Canarias. Todas las partes del mundo reunidas por corrientes atmosféricas, pueden considerarse limítrofes, si no por los seres que andan sobre el suelo, a lo menos por los que arrastra el movimiento del aire. Con la mezcla incesante de las masas aéreas, acércanse unas a otras todas las regiones del núcleo sólido de la tierra, fórmanse los contrastes, establécese la armonía entre los productos y los climas, lo mismo que en el aspecto general de la Naturaleza.

También son los vientos poderosos agentes geológicos. Las corrientes aéreas de ciertas latitudes transportan nubes de polvo, que a la larga pueden esterilizar o fecundar vastas comarcas, ya cubriendo el suelo vegetal de una capa infecunda, ya mezclando ventajosamente las tierras. En las orillas del Nilo, la arena del desierto, mezclada por el viento con el cieno espeso del río, contribuye a desarrollar la maravillosa fuerza productiva del terreno, y en las llanuras vecinas, desprovistas de humedad, acaba por soterrar las plantas y hace imposible la vegetación en aquellos terrenos. En otras partes, especialmente en las costas bajas del mar, el viento envía para ocultar las campiñas, colinas de arena que cierran el curso de los arroyos y rechazan gradualmente el agua de los estuarios a la pendiente de los continentes.

En ciertos lugares la corriente aérea llega hasta a trans-

formar temporalmente el nivel del mar; con su soplo detiene a las olas o las impulsa al ataque de las riberas, y alternativamente deseca el fondo u origina inundaciones desastrosas. A veces, el viento que baja con violencia de las regiones polares de la América del Norte al golfo de Méjico, sujeta hasta tres y cuatro mareas consecutivas, y luego, al volver juntas todas éstas en masa espumosa, barren islas enteras delante de las costas bajas de Luisiana y Tejas. En cambio, cuando el *pampero* o viento del Suroeste sopla sobre el gran estuario del Plata, las aguas bajan a veces cuatro y seis metros en medio día y los barcos fondeados en la rada quedan varados en cieno.

Hay más. El viento puede asimismo modificar la configuración de las riberas, puesto que el oleaje, que tanto contribuye a esculpir las costas, obedece a ese impulso. El brazo mayor del Ródano debe tal vez su dirección Sudeste al mistral que baja de los Cevennes. Los contornos exteriores del delta del Mississippi los ha modelado probablemente el monzón del Sudeste que domina en aquella comarca; el paso llamado del Sur, abierto precisamente en la misma dirección del viento reinante, está casi completamente obstruido por el dique de barro que el oleaje ha levantado a través de la corriente. Los dos brazos del Mississippi que llevan la mayor cantidad de agua se dirigen uno hacia el Suroeste y otro hacia el Noroeste, es decir, que cada uno forma un ángulo recto con el monzón del Sudeste. La corriente aérea, con su potente soplo, ha obligado a las largas penínsulas del Mississippi a tenderse de ese modo sobre las aguas, como ramos de un enorme árbol encallado.

De todos modos, la labor geológica del viento se verifica de una manera indirecta, ya por la evaporación de la humedad de los continentes, ya por el tributo de masas de agua considerables. Durante el transcurso de las edades, los contornos de tierras y mares han ido cambiando constantemente, y a consecuencia de las modificaciones graduales, los mismos vientos han tenido que sufrir análogas modificaciones. Unos se han saturado de vapor de agua, y las nubes que llevan se han depositado como ríos y lagos en

medio de las tierras. Otras corrientes atmosféricas han perdido gran parte de su humedad, y luego, al pasar por encima de los mares interiores, los han absorbido, dejando tras de sí, convertidas en desiertos, risueñas campiñas. Sin duda alguna, los vientos son los que desecan las tierras del Cabo, del Natal y del Transvaal; ellos han sido los grandes agentes de la labor de desecación del Asia central; se han bebido las vastas extensiones de agua que en otro tiempo se extendían desde el Ponto Euxino hasta el mar Caspio y desde el lago de Aral hasta el golfo de Obi, y han dejado estepas de sal en lugar de aquel antiguo Mediterráneo.

También se verifica por mediación de la atmósfera el cambio de moléculas entre la tierra y los cuerpos errantes por el espacio. Cuando un bólido, arrojado como enorme bala de cañón a través del espacio da con las capas exteriores del gas que rodean el planeta, se inflama inmediatamente, estalla por completo, o sólo en la superficie, lanza en su explosión algunos residuos al suelo y deja tras de sí un largo rastro de materia luminosa, semejante a un surco de fuego.

Gracias a la resistencia opuesta por la atmósfera al paso del astro extraño, el globo se enriquece todos los años con materias procedentes de las profundidades del cielo.

Además, las capas de aire, vehículo de las ondas sonoras, transportan también las vibraciones del calor y la luz. Desprovisto de esa envoltura, se congelaría inmediatamente el globo en la superficie y rodaría por los cielos sumido en completa obscuridad. Si la atmósfera da paso a los rayos de calor luminoso enviados por el sol, intercepta en cambio gran parte de los rayos oscuros que la tierra envía al espacio. Así ha podido conservar el globo su temperatura normal y ha llegado a ser el teatro de la vida.

La atmósfera, que conserva el movimiento en el planeta con todos los cambios de los que es vehículo común, constituye también el gran mediador merced al cual recibe la Naturaleza los maravillosos colores que la embellecen. Gracias a la reflexión de los rayos azules, han adquirido el

cielo y las lejanas alturas del horizonte el precioso matiz cerúleo que varía según la altura de los lugares, la abundancia del vapor de agua y los contrastes de las nubes. A causa de la refracción de los rayos luminosos que pasan oblicuamente a través de las capas aéreas, se anuncia el sol por las mañanas con las vagas claridades del alba, después con los esplendores de la aurora y aparece antes de la hora astronómica de su salida. A un fenómeno análogo se debe el aparente retraso con que el sol se oculta tras el horizonte y el purpúreo color con que matiza el cielo después de haber desaparecido. Gracias a la envoltura gaseosa de la tierra, vemos esos variados juegos de luz, esas múltiples armonías de color, esas transformaciones graduales de matices delicados que dan su maravillosa belleza a los crepúsculos. Las obras especiales de meteorología describen extensamente todos esos brillantes fenómenos del aire, arco iris, parelias, y el admirable espectáculo de iluminación que da sonrosado color a los hielos y nieves de los Alpes más de veinte minutos después de haberse puesto el sol. Nada hay tan hermoso como ese fenómeno, originado por el contraste entre las fragosidades inferiores que ya se encuentran en la sombra y las altas cumbres alumbradas aún por los rayos solares que transponen el horizonte. Cuando está ya invadida por la sombra la Aguja Verde, lo mismo que las otras cimas vecinas al Monte Blanco, se halla realmente transfigurado por la luz que brilla sobre las nieves. Entonces, como dice Nécker de Saussure, "parecenos ver un cuerpo que no pertenece a la tierra. Extinguida luego la llama, desvanecidos los brillantes colores, obsérvase un aspecto que puede llamarse cadavérico, porque nada se aproxima tanto al contraste entre la vida y la muerte en el rostro humano como ese paso de la luz del día a la sombra de la noche en las altas montañas".

El espejismo es otro efecto singular de óptica debido a la desviación de los rayos luminosos que atraviesan la atmósfera. Cuando el sol calienta mucho la superficie de la tierra, dilátanse las capas inferiores del aire y suelen tener menos peso que las capas superiores. Cuando el viento agita

las extensiones aéreas, suben éstas oscilando como el humo que se escapa de un hornillo, y detrás de aquel vapor parece que tiemblan los contornos de todos los objetos entrevistados. Cuando la calma reina en la atmósfera, todos los cuerpos bañados por las capas más densas se reflejan como en un lago en las capas aéreas más dilatadas, y todas las imágenes aparecen dobles. En el desierto árido, a centenares de kilómetros de un arroyo, malezas y rocas se reflejan en el aire lo mismo que en el pilón de una fuente; encima del mar refléjanse barcos, sinuosidades de la ribera y señales como en un segundo Océano; hasta en las grandes playas de nuestras ciudades, iluminadas por brillante sol, parece a veces que las estatuas bañan sus pies en un agua cristalina que refleja sus graciosas formas. Esa ilusión de óptica, que hasta en nuestras ciudades pinta objetos imaginarios, llámase en Italia "Ilada Morgana", en la punta húngara "Delibab", en las llanuras del Indostán "Sed de la Gacela". Desde lejos finge oasis frescos y aguas brillantes a los viajeros fatigados, que al llegar al sitio donde resplandece la imagen engañadora, no encuentran más que aridez, sed y acaso muerte. En las llanuras de Arabia la campiña parece a todas horas transformada en lago inmenso. Según va bajando el sol, el lago mágico se aleja y se borra completamente, para reproducirse al día siguiente poco antes del mediodía.

El fenómeno de reflexión va casi siempre acompañado de movimientos laterales, que aparentemente hacen cambiar de lugar a los objetos, como láminas de cristal de desigual espesor; vense entonces grandes masas de diferentes formas separarse a derecha e izquierda de los cuerpos lejanos y flotar caprichosamente por los aires. Esos fenómenos de espejismo son muy curiosos en los mares polares, llenos de bancos y montañas de hielo de raros contornos. La superficie del Océano se llena de puntas, de agujas, de crestas, de cornisas que se separan, se juntan y se desvanecen para reaparecer después. En ninguna parte se ve más asombrosa fantasmagoría. Respecto a las escenas prodigiosas que representa el espejismo a la vista de los viajeros, enseñán-

dole bosques de palmeras, templos con columnatas, caravanas, ejércitos en marcha y poblaciones entregadas a la fiesta, téngolas por producidas por la fiebre. Bajo el ardiente sol, en aquella atmósfera abrasada, en aquellas llanuras blanquecinas que reverberan el calor y la luz, la cabeza se calienta, la imaginación se exalta y la mirada no ve más que formas fantásticas.

I

Peso del aire.—Elevación de las capas superiores.—Medidas barométricas.

El peso de las moléculas aéreas, que se hace notar de manera tan terrible en los huracanes, es relativamente mínimo puesto que un litro de aire pesa 770 veces menos que un litro de agua; sin embargo la masa atmosférica que rodea el globo es de tal tamaño que si se aglomerara en una bola pesaría tanto como una esfera de cobre de 100 kilómetros de diámetro. La presión que ejerce la capa aérea en un hombre de estatura media no es menor de 14.000 o 15.000 kilogramos; verdad es que gravitando a la vez esa presión en todos sentidos sobre nuestro cuerpo, se neutraliza. Sábese que el peso de una columna de aire sobre un punto cualquiera de la tierra equivale próximamente al de una columna de agua de 10 metros o a 76 centímetros de mercurio; el conocimiento de este hecho es el que ha permitido construir el barómetro.

De todos modos, si se conoce el peso de la atmósfera, aun no puede decirse positivamente a qué distancia se eleva en el espacio. Si las capas aéreas tuvieran la misma densidad en las alturas que en la superficie del mar, el espesor total del aire no excedería de 7.953 metros, y por lo tanto, las montañas más altas, el Guarisánkar, el Kinchisjंगा, el Dapsang y otras muchas atravesarían con sus cúspides el océano atmosférico, y llegarían al vacío, lo cual no ocurre. Encima de las capas inferiores, comprimidas por el peso de toda la masa aérea superior, sepáranse las moléculas

las según disminuye la presión, el aire se enrarece cada vez más en las alturas del espacio, y debe de acabar por perderse completamente, como el fluido que forma la cabellera de los cometas. Según los cálculos de Laplace, las moléculas aéreas que pueden encontrarse a 42.000 kilómetros sobre la superficie de la tierra tendrían que escaparse de la órbita celeste a consecuencia del crecimiento de la fuerza centrífuga y de la disminución de la gravedad. Tal vez en esas regiones elevadas, en los mismos límites de las esferas de atracción de los astros, es donde se verifica el cambio de sus moléculas gaseosas. Sea de ello lo que fuere, a una altura bien mínima comparada con el límite extremo señalado por Laplace, acaba para el hombre la atmósfera respirable. En la cima del Etna, es decir, a 3.320 metros de elevación, se tiene a los pies casi el tercio de la masa aérea; a 5.600 metros, altura sobre la cual elevan sus cimas muchas 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 a lo lejos en el cielo hasta distancias no medidas, es sencillamente igual a las capas aéreas comprimidas en las regiones inferiores.

Más de 200 años hace que Périer, siguiendo las indicaciones de su cuñado Pascal, estableció con el primer experimento directo la disminución del peso del aire en sentido vertical. Trepó por el Puy de Dôme, barómetro en mano, y durante la ascensión, la columna de mercurio que medía la presión atmosférica no dejó de bajar gradualmente en el tubo; el medio de medir la altura de las montañas encima del nivel del mar por la simple lectura de las indicaciones barométricas acababa de ser inventado. Desde aquella época la ciencia ha hecho grandes progresos, la ley exacta del decrecimiento del peso del aire o de cualquier otro gas elástico ha sido determinado por Mariotte e innumerables viajeros. Gracias al barómetro, han podido indicar de modo aproximado la altura de los puntos salientes en las diversas comarcas que habían recorrido. De todos modos, nunca puede haber seguridad de que el barómetro mida las alturas de una manera perfecta. En cada lectu-

ra barométrica hay que tener en cuenta la temperatura, la cantidad de vapor de agua contenido en la atmósfera, la agitación de los vientos; en una palabra, todas las condiciones físicas del aire cuyo peso haya que medir, y cada observación secundaria hace corregir más o menos el enunciado definitivo. Las medidas directas obtenidas por la trigonometría son las únicas hasta ahora que den exactamente la verdadera altura del suelo.

Para conocer la altura de las cumbres, se emplea otro medio, que, por lo defectuoso de los instrumentos, da generalmente resultados menos exactos que los de la columna barométrica. Consiste ese medio en medir el calor del agua hirviendo. En efecto, el punto de ebullición, es decir, la temperatura a que el vapor de agua equilibra exactamente la presión atmosférica, ha de descender según disminuya la presión. Se ha calculado que la rebaja del punto de ebullición es por término medio de un grado centígrado por cada espacio de 324 metros de altura vertical; pero los experimentos pueden producir, respecto a la altura de la montaña, errores de varios centenares de metros. Tyndall, por ejemplo, vió en agosto de 1859 que la temperatura del agua hirviendo en la cima del Monte Blanco era de 84'97 grados, y el año anterior había observado en el Monte Rosa un punto de ebullición algo inferior, aunque esta cima es 170 metros más baja que el gigante de los Alpes.

¿Hasta qué altura tiene el aire suficiente densidad para que el hombre encuentre el oxígeno necesario a sus pulmones y viva en él, aunque sea por algunos momentos? Los trepadores de montañas todavía no han llegado a ese límite extremo, a causa de las fatigas de la ascensión que se suman a la dificultad de encontrar la cantidad de aire suficiente; las más elevadas cumbres del Himalaya y de los Andes están ahora vírgenes de pasos humanos. En la cima del Ibi Garnin(que es el punto más elevado que se ha escalado hasta ahora), Roberto Schlaginweit se encontraba a 6.704 metros. La columna del barómetro no llegaba más que a 33,9 milímetros, de modo que los viajeros

tenían debajo cerca de las tres quintas partes de la masa aérea.

Algunos aeronautas han podido subir, gracias al globo que los elevaba, hasta alturas aéreas que no alcanza ni el cóndor, y donde las montañas más elevadas aparecían como si surgieran del fondo de un abismo. En 1804, Gay Lussac subió hasta 7.016 metros; en 1851, Barral y Bixir alcanzaron una altura de 7.049; en 1858, Rush y Green llegaron a 8.143; pero de todos modos esas alturas son inferiores a las de las más elevadas cimas terrestres. Glaisher y Coxwell emprendieron el 5 de septiembre de 1862 una expedición aeronáutica, dispuestos a subir mientras pudieran conservar el sentimiento de su propia existencia. Demasiado enrarecido el aire para sus pulmones, los obliga a jadear penosamente; el corazón les palpita, les zumban los oídos, la sangre les hincha las arterias de las sienes; los dedos se les enfrían y no se pueden mover, pero la voluntad sostiene a los aeronautas, sueltan lastre y consiguen elevarse más en la atmósfera. Glaisher se desmayaba, y su compañero nada hace por detener la ascensión. Con la mirada fija en los instrumentos, nota el gradual descenso de la columna de mercurio en el barómetro y en el termómetro, como si estuviera en el Observatorio de Kew. Gradualmente dominado por el entorpecimiento, pierde el aeronauta el uso de las manos, pero conserva entre los dientes la cuerda de la válvula, y cuando nota que un sólo segundo los separa a ambos de la muerte, entonces da salida al gas, y el globo, deshinchado, acaba por detenerse para bajar poco a poco hacia los campos situados 10.000 o 10.800 metros más abajo, porque la columna mercurial no era más que de 165 milímetros.

quedarían esa valentía y ese ánimo fuerte si los comparáramos con el brutal valor del soldado que se arroja a lo

¡Cuán noble era el valor de aquellos hombres que arriesgaban la vida con tan heroica sencillez, únicamente con el fin de estudiar la temperatura de una atmósfera en la cual no pueden vivir el hombre ni el aire ¡Bien rebajados

más recio de la pelea, ebrio de pólvora, de estrépito y de sangre!

Cuando Glaisher y Coxwell se elevaron a aquellas alturas, tenían a sus pies los cuatro quintos del peso de las capas atmosféricas; la otra quinta parte, donde el aire está demasiado enrarecido para los pulmones humanos, se eleva, dilatándose cada vez más, hasta límites desconocidos. Y aun se puede comprobar la presencia del flúido aéreo mucho más arriba de las alturas a que ha llegado el hombre. Efectivamente, la refracción de los rayos solares al amanecer y al ponerse el sol ha permitido calcular desde hace tiempo que la parte apreciable de la atmósfera se eleva lo menos a 75 kilómetros, y gracias al perfeccionamiento de los instrumentos visibles de ese océano aéreo que baña nuestro globo. Apoyándose en observaciones hechas en las regiones tropicales sobre los fenómenos del crepúsculo, Manuel Liais dice que puede afirmar que la altura de la atmósfera es realmente de 320 o 340 kilómetros. Entonces el diámetro real de la tierra se aumentaría próximamente en una décima parte y aunque por lo general esa capa atmosférica quede fuera de los cálculos astronómicos acerca de las dimensiones del planeta, habrá de medirse como parte integrante de la tierra.

III

Presión media de la atmósfera bajo las diversas latitudes.—

Oscilaciones diversas de la columna barométrica.

Oscilación anual.—Variaciones irregulares.—Líneas isobarométricas.

Tiene tal movilidad la atmósfera, que su peso, medido rigurosamente por la columna mercurial del barómetro, se modifica sin cesar en todos los puntos de la tierra. Los diversos cambios meteóricos, de frío a calor, de sequía a humedad, acrecientan o amenguan la presión del aire, y por lo tanto se produce en el tubo del instrumento la corres-

pondiente oscilación. Pesando un volumen dado de mercurio 10.500 veces más que otro volumen igual de aire al nivel del mar, ha de inferirse que cada movimiento de la columna barométrica revela un cambio de 10.500 veces más fuerte en los espacios aéreos.

Cuando se calienta el aire, ya por influencia directa del sol, ya por la llegada de una corriente de mayor temperatura, dilátanse sus moléculas, adquiere mayor ligereza y suben en el espacio, para extenderse luego lateralmente; disminuye entonces la presión, y por lo tanto ha de bajar la columna mercurial en el barómetro. Verifícase lo contrario cuando el aire se condensa por enfriamiento y afluyen marêas aéreas para ocupar el vacío: crece el peso de la atmósfera y el nivel del mercurio sube en el instrumento. Esa es la razón de que el descenso del barómetro indique generalmente un aumento de temperatura, y un fenómeno contrario señala decrecimiento de calor. El barómetro y el termómetro oscilan en sentido inverso. Verdad es que el aire puede absorber tanto más vapor de agua cuanto más caliente esté, y de esta manera, mientras la tensión y el ensanche lateral del flúido aéreo amenguan la presión, por otra parte la aumenta el acrecentamiento del vapor contenido en la atmósfera; en cambio, al enfriarse el aire, pierde capacidad para disolver el vapor de agua y se aligera proporcionalmente. Por lo tanto, los fenómenos pueden equilibrarse y hay que discutir con sagacidad numerosas observaciones antes de poner en claro la parte que corresponde a la presión del aire puro o a la del vapor de agua, en las débiles oscilaciones barométricas. Las variaciones bruscas, que nunca pueden inducir a error, son enormes algunas veces. Varias de ellas señalan en la columna mercurial una diferencia de cinco o seis centímetros equivalente a la 15ª parte de la altura total de la columna. A la agitación del líquido en el instrumento corresponde entonces una tormenta en el océano del aire.

La presión atmosférica varía en todas las partes de la tierra y no puede precisarse rigurosamente la que corresponde al globo entero. Puede suponerse que en la superfi-

cie de los mares alcanza algo más de 761 milímetros. En el Ecuador la presión ordinaria no llega más que a unos 758, pero contando desde el 10° de latitud en ambos hemisferios, aumenta la presión poco a poco, y hacia el grado 30 o 35 llega a un máximo de 762 o 764. Vuelve a disminuir más allá, en dirección a los polos; hacia el grado 50 es de 700 y de 756 más al Norte. De modo que el aire viene a ejercer su presión máxima sobre la columna barométrica a igual distancia entre el polo y el Ecuador, pero como el vapor de agua es más considerable en las capas aéreas de la zona templada que en las de la polar, puede ocurrir que, estando el aire perfectamente seco, aumente la presión continuamente del Ecuador a los polos, en proporción más o menos regular con el descenso de la temperatura; ese fenómeno lo vuelve muy probable el movimiento ascendente que suele verificarse en el barómetro al pasar de calor a frío. Resulta de ello lo que fuere, las investigaciones de James Ross y de Wilckes en los mares australes confirman que, por término medio, el barómetro está más alto en el hemisferio boreal que en el del Sur. Hay que deducir forzosamente de ello que una cantidad mayor de aire se ha acumulado en la mitad de la tierra en la cual se han agrupado los continentes. Según observa John Herschell, la corriente de un río siempre está rizada encima de un lecho desigual y pedregoso; del mismo modo la atmósfera se hincha como una ola encima de las masas continentales. Así se explica ese asombroso contraste entre ambos hemisferios.

Si la presión normal de las capas atmosféricas difiere del nivel del Océano en las diversas latitudes, también varía en cada punto de la tierra, según las horas y las estaciones; obedece al ritmo del tiempo, lo mismo que al del espacio. Cada día oscila dos veces la masa aérea en sentido inverso. Por la mañana, sobre las cuatro, la columna barométrica presenta un primer minimum de altura, pero sube gradualmente, y a las diez de la mañana llega a su elevación mayor; luego la presión del aire disminuye hasta las cuatro de la tarde, momento en que el barómetro llega al míni-

mum de altura; después la columna de mercurio vuelve a subir hasta las diez de la noche, para volver a bajar durante seis horas; los períodos diurnos en que se verifica el cambio se conocen con el nombre de horas trópicas.

¿Cuál es la causa de esa doble oscilación diaria? Varios meteorólogos consideraban antes esos movimientos del barómetro como mareas regulares semejantes a las del Océano, que obedecían también a la influencia combinada de la luna y del sol, pero esas oscilaciones suelen verificarse siempre a las mismas horas y no presentan, en la época de sizigias y cuadraturas, fenómenos correspondientes a los del flujo y reflujo. Las investigaciones de Aviné, de Flangergues y otros físicos en verdad han asentado la existencia de una marea aérea, pero la amplitud de este movimiento es muy débil, comparada con el que se produce entre las horas trópicas. De modo que debemos explicar con Dove, los dos movimientos de alza y descenso que se verifican diariamente en la columna de mercurio, por la doble influencia del calor del día y la presión del vapor de agua. Contando desde las horas frías de la mañana, el crecimiento gradual de la temperatura debe dar por resultado la dilatación de la atmósfera y la baja del barómetro, que mientras la presión del aire disminuye, la cantidad de vapor de agua aumenta rápidamente, y añadiéndose a su presión la de las capas superiores, produce una especie de ola temporal después de la cual la columna barométrica continúa bajando, para subir con el frío de la noche. Si la presión del vapor de agua desapareciera de la atmósfera, el barómetro se elevaría con regularidad en todas las estaciones, sobre media noche, y llegaría a la mínima altura hacia mediodía. En los países muy secos, como la Siberia oriental, la presión del vapor de agua es demasiado escasa para equilibrar la acción de la temperatura, y por consiguiente no se verifican cada veinticuatro horas más que dos oscilaciones, una de baja al crecer el calor, otra de ascenso con el frío de la noche.

Los movimientos diurnos del barómetro son mucho más regulares y más fáciles de comprobar en las regiones ecua-

toriales y cerca del nivel del mar que en las latitudes altas y en el interior de los continentes. Y es que, en efecto, en los mares de los trópicos, las alteraciones de la temperatura, de la evaporación y de la precipitación se suceden, como todos los demás fenómenos físicos, con una regularidad mayor que en los otros puntos del globo. Por eso en los mares ecuatoriales han sido observadas por primera vez las oscilaciones diurnas y en esos mismos parajes ha podido comprobar Humboldt las horas exactamente. En las regiones templadas, esos movimientos regulares de la columna barométrica los oculta a veces el brusco saltar del mercurio, que obedece a las constantes variaciones de la atmósfera; después de una serie más o menos larga de días o de semanas, pueden revelar los meteorólogos, asentando términos medios, oscilaciones normales análogas a las que se producen en el Ecuador. En las regiones altas de las montañas, aun es más difícil comprobar la sucesión regular de las olas barométricas, porque los cambios que se verifican en las capas inferiores del aire se notan más tarde y se mezclan diversamente en las capas elevadas. Por ejemplo, la alza del barómetro que se verifica sobre las diez de la mañana en Zurich, no se produce en la cima del Righi hasta las dos de la tarde, y hasta las tres en el Vaulhorn; a veces, la depresión de la columna barométrica no se nota por la tarde en aquellas alturas, y en cada día no ofrece más que una sola gran oscilación.

Las variaciones anuales de la presión del aire presentan alternativas análogas a las de las variaciones diurnas. En las comarcas tropicales, donde las estaciones se siguen con gran regularidad, y en los países del interior de los continentes, cuyo aire no contiene más que una cantidad escasa de vapor de agua, el mercurio del barómetro baja gradualmente de invierno a verano en razón inversa de los calores, y sube con los fríos, de verano a invierno; en Calcuta, en Benarés, en el Indostán, lo mismo que en San Petersburgo y en Nertschink, de Siberia, el máximo de la presión del aire se nota en enero y el mínimo en julio; la masa aérea es, ora más fuerte, ora más débil en cada

hemisferio, según las alternativas regulares del calor y del frío. En la mayor parte de las tierras de la zona templada, y sobre todo en las orillas del Océano, la presión del vapor de agua durante el verano crece de una manera considerable, y equilibrando así el efecto normal del aire seco, da a la curva barométrica un máximum en verano que corresponde al alza diurna de las diez de la mañana, o complica con irregularidades muy numerosas la serie de variaciones mensuales. Cada inflexión corresponde a un fenómeno importante en el clima local, frío o calor, tempestad o calma en el aire, sequía o gran cantidad de vapor de agua. En general, en la época de los equinoccios, cuando la temperatura suele ser igual a la media anual, es cuando se establece la presión barométrica media del año.

Las variaciones irregulares se verifican también siguiendo cierto ritmo en las diversas regiones del globo. En el Ecuador son casi nulas, pero a medida que se acercan a uno u otro polo, las irregularidades se señalan cada vez más, y los saltos producidos en la columna de mercurio por los cambios bruscos de temperatura, por las alternativas de vientos y tempestades, se suceden con más frecuencia. En los mares tropicales, esas diferencias de alturas barométricas son de pocos milímetros, pero en las latitudes templadas pasaron de 84 milímetros en Milán durante un período de 81 años y de 65 milímetros en San Petersburgo en un período de 19.

Sin embargo, no hay que pensar en hallar exactamente la misma amplitud mensual en todos los puntos de la tierra situados a la misma distancia del Ecuador. Suele observarse grandes diversidades, que hay que atribuir a la diferencia de formas continentales y de climas. Reuniendo unos con otros todos los puntos donde se produce la misma variación mensual en la presión del aire, se obtiene una serie de líneas llamadas *isobarométricas*, que se conservan todas hacia el Norte, a través del Océano Atlántico. Esas curvas, imaginadas por Kamtz, son las que indican la verdadera latitud para los movimientos generales de la atmósfera. A pesar de la extremada movilidad del aire, a pesar

de las ondas tempestuosas que soplan con furia desde uno a otro punto del horizonte y turban momentáneamente la regularidad de los fenómenos atmosféricos, esas líneas conservan todos los años su dirección media; son indicio de las perturbaciones aéreas, y señalan con su permanencia y regularidad que esas perturbaciones dependen de las grandes leyes que rigen al planeta.

IV

Ley general de la circulación del viento.—Alisios del Norte y del Sudeste.—Calmas ecuatoriales.—Oscilaciones del sistema de los vientos.

En las regiones continentales, y principalmente en las de la zona templada, difícil sería conocer al principio la ley general que preside los movimientos de la atmósfera, porque esas diversas oscilaciones pueden ser modificadas por una multitud de circunstancias locales, como la dirección de la altura de las cordilleras de montañas, la extensión de las llanuras, el contorno de las riberas, la abundancia o escasez de la vegetación. En un mismo día los vientos soplan a veces sucesivamente desde todos los puntos del espacio, y con tanto cambio rápido sufrido por las corrientes atmosféricas, no siempre es posible comprobar con certeza la dirección normal de la masa de aire en movimiento. Para comprender las leyes de la atmósfera en su sencillez, hay que transportarse a las regiones ecuatoriales del Océano, encima de las cuales el sol describe diariamente inmenso semicírculo en el espacio de trece horas, y en las cuales todos los movimientos de la Naturaleza, regulados por la marcha uniforme del astro, tienen algo rítmico como los ciclos del cielo. Allí puede sorprenderse, digámoslo así el cambio de lugar de las primeras moléculas gaseosas que se llevan consigo la inmensa masa del aire en toda la redondez del globo, allí se asiste al nacimiento de los vientos, allí residiría Eolo, si los dioses vivieran aún.

Durante los días de verano, se distingue de lejos sobre la tierra calentada un movimiento vibratorio del aire, una especie de temblor vaporoso que hace visible sin duda el espejismo de los objetos situados más allá, y es que las capas de la atmósfera que descansan en el suelo se han dilatado gradualmente y se elevan en espirales a través del medio más frío y más denso que pesa sobre ellas, como el aire enrarecido de los hornos sube rápidamente hacia las regiones superiores, a las cuales lo arrastra su ligereza relativa.

Verifícase en mayor escala un movimiento semejante en las regiones ecuatoriales. La gran fuerza de los rayos del sol se nota más en esas comarcas de la tierra, y, por lo tanto, las capas aéreas se dilatan más que en las otras latitudes bajo el influjo del calor; adquieren mayor ligereza, se elevan rápidamente en el espacio, como lo demuestra la escasa presión del aire en la columna barométrica. Fórmase, pues, un vacío, que se apresuran a ocupar las masas adyacentes, y dos corrientes horizontales alimentan la gran corriente vertical que sube de las regiones ecuatoriales hacia las alturas del aire; pero esas mismas corrientes horizontales dejan tras de sí unos vacíos hacia los cuales se precipitan nuevas masas: sacúdense las ondas atmosféricas en todas las zonas hasta los hielos polares, y desde ambos extremos del planeta se dirigen al Ecuador, donde los atrae como un foco de atracción el movimiento ascendente del aire recalentado. Dos vientos, uno del Norte y otro del Sur, tienen cada cual su origen en medio de los hielos opuestos de ambos polos para encontrarse en la redondez ecuatorial.

Si a la tierra no la impulsara un movimiento de rotación alrededor de su eje, las corrientes atmosféricas afluirían directamente hacia el Ecuador sin separarse a derecha ni a izquierda de las líneas del meridiano; la corriente boreal correría en línea recta hacia el Sur, la corriente austral se dirigiría exactamente hacia el Norte, y ambas se encontrarían de frente en las regiones ecuatoriales. Evita que ocurra esto la rotación del globo de Occidente a Oriente. La velocidad de su movimiento varía en cada punto de la superficie terrestre según el diámetro de su latitud; nula

en ambos polos, es de 835 kilómetros por hora en el grado 60 de latitud Norte o Sur y en el Ecuador es de 1.670 kilómetros. La masa de aire que afluye de los polos hacia la zona tropical atraviesa así sucesivamente latitudes cuya velocidad angular alrededor del eje de la tierra es más fuerte que la de aquélla, y por consiguiente, han de desviar hacia el Sur en sentido contrario al movimiento general de la tierra. En vez de dirigirse perpendicularmente hacia el Ecuador para formar con él un ángulo de 90°, las corrientes aéreas llegadas de los Alpes tropiezan oblicuamente con la línea equinoccial en ángulo agudo. De modo que el mismo fenómeno planetario que causa la desviación de las corrientes de agua, la formación de las corrientes oceánicas y tal vez la hinchazón de los troncos de los árboles en dirección de Este a Oeste, basta asimismo para poner en movimiento toda la masa atmosférica. Los ríos del aire reproducen, con proporciones más vastas por su mayor dominio, las inmensas curvas de las corrientes del Océano. Los dos flúidos en movimiento, vientos y corrientes marítimas, se superponen en su marcha alrededor del planeta.

En la zona tropical, donde la incesante atracción de la corriente ascendente determina una afluencia constante de masas de aire procedentes del Norte o del Sur, el sistema circulatorio de los vientos ofrece en general regularidad bastante grande. En aquella parte de la esfera terrestre, las masas aéreas se mueven con uniformidad; las del hemisferio septentrional de Noroeste a Suroeste; las del meridional de Sudeste a Noroeste. Dos corrientes atmosféricas no cesan de dirigirse oblicuamente a encontrarse una con otra. Son los vientos alisios, que los antiguos apenas conocían, y cuyo descubrimiento estaba reservado a los grandes navegantes españoles y portugueses. Entre todas las maravillas que descubrieron en las regiones tropicales, ninguna les asombró tanto como aquellas brisas que soplaban invariablemente del mismo punto del horizonte. Acostumbrados a los vientos variables y caprichosos de los mares de Europa, los marinos casi estaban espantados de la constancia de aquellos vientos que los impulsaban hacia el Ecuador y no

refluían nunca en dirección a su patria; los compañeros de Colón los creían efecto de los sortilegios del diablo y se preguntaban con terror si todo aquel movimiento de las ondas aéreas se dirigía hacia algún abismo situado en los límites del mundo. De todos modos, los navegantes se familiarizaron pronto con los parajes tranquilos recorridos por los vientos alisios. Los marinos españoles llamaban antes a la parte tropical del Océano Atlántico el golfo de las Damas, porque sin peligro se habría podido confiar en ellos la caña del timón a una señorita. Según Varnius, los marineros salidos de Acapulco podían dormirse sin atender al gobernalle, con la certeza de que el viento los llevara a través de las tranquilas aguas del Pacífico hasta las riberas de las Filipinas. Reconociendo las inmensas ventajas que la constancia de los vientos alisios presenta para la navegación, los ingleses les han dado el nombre especial de *trade winds* (vientos del comercio).

Hay que decir, sin embargo, que los vientos no tienen una marcha tan segura que pueda contarse con ella como con la vuelta de los astros. Las alternativas de estaciones y las perturbaciones atmosféricas los hacen oscilar a derecha e izquierda, los atrasan y los aceleran, y a veces llegan a neutralizarlos temporalmente. Cerca de las costas, los calores y fríos extremados que se suceden en los continentes hacen desviarse a los vientos de su dirección, y sólo en alta mar, a gran distancia del litoral, puede hinchar las velar una brisa que sople casi constantemente desde el mismo punto del horizonte. También entonces el viento es mas recio por la mañana y por la noche que a mediodía. En el Atlántico, limitado por continentes de formas bastante regulares, los alisios soplan con gran regularidad. En el Pacífico, la multitud de islas dispersas por los mares modifica poderosamente el régimen normal del viento, y los alisios se transforman en monzones en una gran extensión de su dominio natural. Al Norte del Ecuador los vientos del Noroeste no soplan de manera constante más que entre las islas de Reviliagigedo y las Marianas. Los alisios meridionales oscilan entre el grupo de las islas Galá-

pagos a 1.000 kilómetros de la costa de América y el archipiélago de Nukaniva y las islas Bajas.

Al chocar uno con otro, ambos vientos contrarios neutralizan su fuerza de traslación horizontal; fórmase así alrededor de la tierra una zona circular de calma, de vientos variables y de remolinos bruscos aéreos que, según las estaciones, ocupan una anchura de 250 a 1.000 kilómetros encima del mar. No se crea que en esa zona llamada de calma suela estar tranquilo el aire; la atmósfera se encuentra en mayor equilibrio que en los demás puntos de la superficie del globo. Según las *Pilot Charts* de Maury, la duración media de las calmas del Atlántico, entre los grados 5 y 18 de latitud Norte, está con los vientos en una proporción de 98 a 802 o de 1 a 8. Durante el período en que son más frecuentes las calmas, es decir, en noviembre, y en el espacio comprendido entre los grados 13 y 17 de latitud Oeste, duran dos veces menos que los vientos que provengan de cualquier punto del horizonte.

Compréndese que esta zona que separa los dos vientos alisios del Norte y del Sur ha de cambiar de sitio según las estaciones con la posición del sol, puesto que ocupa precisamente en la redondez del globo los parajes cuyas capas atmosféricas calientan más los rayos solares y en que se produce el movimiento vertical del aire dilatado. Cuando el sol salva la línea ecuatorial para dirigirse al trópico de Cáncer, el foco de atracción de los vientos alisios, y por lo tanto la faja de calma, se mueven al mismo tiempo hacia el Norte; en cambio, después del 21 de septiembre, cuando el sol vuelve hacia el trópico de Capricornio, la zona más caliente del aire es conducida gradualmente hacia el Sur con todo el sistema circulatorio de los alisios. A fines de marzo, el límite septentrional de las calmas ecuatoriales del Atlántico se encuentra por término medio sobre el 2º de latitud Norte, y a fines de setiembre ese mismo límite suele llegar hasta el grado 13 o 14. El límite meridional oscila en el mismo Océano entre el grado 1 y el 4 de latitud Norte. En las regiones ecuatoriales del Pacífico, la zona de calma cambia también de sitio mensualmente según

la marcha del sol, y su anchura varía entre 120 kilómetros en febrero y 1.350 o más en agosto. Bajo este aspecto, la analogía es casi completa entre ambos grandes océanos. A consecuencia de esa periodicidad anual, todo el sistema aéreo oscila sin cesar siguiendo la marcha del sol, y por eso en el hemisferio septentrional, atraídos violentamente hacia el Mediodía los vientos del Norte, son mucho más fuertes en invierno. Además, deben de existir oscilaciones mensuales procedentes de las declinaciones mensuales.

La parte media de la zona de calma, que puede considerarse como el Ecuador meteorológico del mundo, no corresponde al Ecuador propiamente dicho. En la tierra, lo mismo que en los organismos superiores, la residencia principal de la vida está colocada fuera del centro geométrico. El sistema completo de los vientos se inclina hacia el hemisferio boreal y el cinturón de calmas ecuatoriales se desarrolla en todas las estaciones del Norte de la línea. Ese fenómeno, que puede parecer extraño al principio, procede de la agrupación de la mayor parte de las tierras continentales en el hemisferio del Norte y de la diferencia de temperatura, que debe ser, al menos en una parte de la tierra, consecuencia de ese desigual reparto de lo sólido y lo líquido. También se encuentra en el hemisferio boreal el desierto de Sahara, verdadero Sur geográfico de la tierra, extensión inmensa en la cual el arbolado es muy poco abundante y la reverberación de arenales y peñas evapora las nubes llevadas por las corrientes atmosféricas. El Sahara y en proporción menor todas las comarcas tropicales del hemisferio boreal, obran como enorme foco de atracción hacia el cual se dirigen las masas aéreas. Resulta de las tablas formadas por Dove que la temperatura media del año es más elevada hacia el grado 10 de latitud Norte ($26^{\circ}62'$) que en el mismo Ecuador ($26^{\circ}50'$) y la media estival es mayor hacia el grado 20 de latitud ($27^{\circ}50'$) que en otra región cualquiera del mundo. La alta temperatura de los continentes obliga por lo tanto al sistema austral de los vientos a invadir el sistema boreal.

Contraalisios

Las masas aéreas que traídas por los dos vientos alisios no pueden acumularse incesantemente en la región de las calmas ecuatoriales, se dilatan y elevan a muchos kilómetros de altura, y después de haberse mezclado y cruzado parcialmente, se dividen de nuevo en dos grandes corrientes de retorno, que pasan en sentido inverso por las regiones superiores de la atmósfera. Como afirmaba hace unos dos siglos el físico Halley, que fué el primero en sentar la teoría de los vientos alisios, sería absolutamente imposible, si no existieran ambas contracorrientes atmosféricas, que el equilibrio del aire pudiera restablecerse en la superficie del globo: lo que el soplo de los alisios lleva hacia el Ecuador, otros vientos lo han de volver a llevar hacia los polos. El movimiento de las graciosas nubes sueltas, que se ven debajo de las alturas del aire, volando en sentido inverso de los vientos alisios, es prueba indiscutible de la existencia de esas corrientes superiores de retorno. Además, dos grandes explosiones volcánicas, mencionadas varias veces por la ciencia, también han dado testimonio fehaciente que confirma la teoría de Halley de una manera indudable. El 1º de mayo de 1812, estando en toda su fuerza el viento alisio del Noreste, enormes cantidades de ceniza entenebrecieron la atmósfera encima de las Barbadas y cubrieron la tierra con una capa espesa. ¿De dónde procedían aquellas nubes de polvo? Pudo suponerse que de los volcanes de las Azores, que se encuentran al Noreste, y sin embargo, las había arrojado el cráter de Morne Garú, situado en la isla de San Vicente a 200 kilómetros al Oeste. Es seguro que las cenizas habían sido lanzadas, por la fuerza de la erupción, por encima de la masa movediza de los alisios, a un río álpeo que llevaba la dirección contraria. Cuando la terrible erupción del volcán de Cosequina (América Central), las cenizas fueron arrebatadas por los alisios de retorno hasta las riberas de Jamaica, que

se encuentran a unos 1.300 kilómetros al Noreste de la boca de explosión.

En las costas de Africa y en el litoral del Mediterráneo, granos de polvo, casi imperceptibles aisladamente, dan otra notable prueba de que existe una gran corriente de retorno en las altas regiones de la atmósfera. Cae a veces del cielo un polvo amarillo o rojo semejante a ladrillo molido; buques que se encontraban en los parajes de Cabo Verde, en las costas de Maruecos o en aguas del Mediterráneo, han quedado cubiertos de esas tenues moléculas. Humboldt, que tuvo ocasión de observar esas lluvias, creía que estaban compuestas de polvo silíceo arrebatado por torbellinos de polvo a los desiertos del Sahara, y los marinos tomaban aquel fenómeno por una lluvia de azufre. Ehrenberg, con auxilio del microscopio, ha revelado la naturaleza de ese polvo, que, a lo menos en el Atlántico y el Mediterráneo, no es más que un montón de animalillos silíceos procedentes de los llanos de América del Sur. Esas miríadas de organismos, levantados hasta las alturas del aire por la corriente ascendente del Ecuador, encontraron, encima de los vientos alisios, una corriente de retorno que les hizo salvar la inmensa cuenca del Atlántico para llevarlos a las costa de Africa o de Europa, hasta la cuenca del Océano. Podríamos decir que las corrientes aéreas se han hecho visibles por medio de esas nubes de infusorios. En la zona ecuatorial, la contracorriente de los vientos alisios no puede empezar hasta una altura de siete a ocho kilómetros sobre el nivel del mar, porque las cimas más altas de las cordilleras están totalmente sumergidas en la corriente inferior. La montaña más meridional de la cuenca del Atlántico donde se ha observado el viento de retorno es el pico de Teide, en Tenerife. Allí las masas de aire rechazadas por la zona ecuatorial han descendido lo suficiente para rodear en todo tiempo la punta del volcán de una altura de 3.675 metros. En invierno, cuando todo el sistema circulatorio de la atmósfera ha descendido hacia el Sur siguiendo la marcha del sol, la corriente de retorno baja de las alturas del aire y choca con la superficie del agua hacia las costas

de Portugal, para retroceder luego y pasar sucesivamente por Madera y las pendientes medias y bajas del pico de Teide. Según el astrónomo Piazzí Smyttó, el plano de separación entre los dos ríos aéreos que corren en sentido inverso, suele hallarse por término medio a 2.740 metros de altura vertical. En la cumbre de la montaña el aire va rápidamente de Suroeste a Noreste, mientras en las partes bajas de la isla el viento alisio sopla siempre con su regularidad habitual. La zona de nubes, desplegada como velo inmenso por sobre el mar y las riberas, no se extiende por la parte del cielo comprendida entre los dos vientos que soplan en sentido inverso; se encuentra a bastante profundidad en la capa aérea de los alisios. Entre la corriente de arriba y la de abajo el aire está tranquilo y libre de nubes. Durante la estación de verano los viajeros que suben por las laderas del pico de Teide pueden estar seguros de encontrar un cielo inalterable, después de haber pasado la zona de nubes de 300 a 400 metros de espesor que se despliega como otro mar encima del océano de agua. Cuando hay cambio de estación y ambos vientos opuestos luchan por la victoria en las pendientes de la montaña, a veces en pocos días se verifica un cambio de millares de metros en la elevación de la zona intermedia. Trábase batalla en el cielo entre ambas corrientes; ya sube el alisio hasta la parte superior del pico, ya queda vencido, expulsado de las alturas de la atmósfera y deprimido con todo su sistema de nubes hacia las regiones más bajas. Principalmente entre Santa Cruz y Orotava es donde se empeña el combate, por lo cual a aquel distrito de la isla lo suelen inundar las lluvias. Piazzí Smyttó ha contado extensamente en su obra acerca de Tenerife esas grandes luchas aéreas.

En el Océano Pacífico se han podido observar fenómenos análogos a los ocurridos en el Atlántico. Groovich ha comprobado que la corriente normal de los alisios y el viento de retorno se notan a un tiempo, una en las orillas de las islas Sándwich y en las pendientes inferiores de todas las montañas del archipiélago, el otro en la cima del volcán Mannahoa.

La dirección de la contracorriente superior se determina, como la de los vientos alisios, por el movimiento de rotación de la Tierra. A su vuelta del Ecuador cada molécula de aire se aparta hacia Occidente, como en su viaje de la zona polar a la zona tórrida. Después de haber permanecido en las regiones ecuatoriales, recorre sucesivamente comarcas cuya velocidad alrededor del eje terrestre es menor que la suya propia; según se aleja de la zona de calma, se va adelantando a todos los puntos adyacentes del planeta y se convierte en viento del Suroeste. Por debajo, el alisio del Norte corre generalmente en dirección inversa, pero a consecuencia del roce de las partículas aéreas, se forma entre las dos corrientes atmosféricas una capa de aire en calma, donde se manifiestan todos los meteoros debidos al contacto de ambas masas, desiguales en calor, en humedad y en tensión eléctrica. Según Dove, la contracorriente alisia se dirige cada vez más hacia el Este, a consecuencia de la curvatura creciente de la Tierra en dirección al polo; en cambio, según Mühry, la dirección de este viento es paralela a la de la corriente inferior y se encorva gradualmente hacia el Norte, por la atracción ejercida en las regiones polares por el viento que baja al Ecuador. Esta teoría parece la más probable, pero la observación directa es la que ha de decidir de manera definitiva.

Podría creerse a primera vista que la corriente superior va hasta el polo sosteniéndose en las altas regiones de la atmósfera, y que el viento polar, cuyas moléculas junta el frío, resbala siempre por la superficie del globo. Sólo por excepción ocurre así. En una región bastante vaga, que en el Atlántico del Norte oscila alternativamente, según las estaciones, entre los grados 31 y 35 de latitud, el viento de retorno empieza a bajar desde las alturas del cielo hasta la superficie del mar, y choca con las masas aéreas que afluyen del polo hacia los parajes ardientes del Ecuador. La zona donde se verifica este choque de los vientos se considera como límite exterior de los vientos alisios, pero no se le debe dar el nombre de zona de calma tropical, porque si el equilibrio completo de la atmósfera es allí más

frecuente que en las regiones limítrofes del Norte y del Sur, tampoco duran más que un día cada dos o tres semanas. Durante el estío del hemisferio boreal, cuando el sol está en el cénit del trópico de Cáncer, nótanse los contralisios con bastante regularidad hasta en las latitudes del Norte de Alemania o de San Petersburgo. En otoño y en invierno el dominio de estas corrientes de retorno disminuye sin cesar en el Norte y aumenta en el Mediodía. Brest y luego Lisboa son sus límites extremos en el hemisferio septentrional, hasta que el sol reanude su marcha hacia el Norte.

¿Por qué baja la corriente superior desde lo alto de la atmósfera durante la mayor parte del año? Indudablemente, porque lleva consigo enormes cantidades de vapor de agua que la hacen más pesada que el aire frío y seco que viene del polo. Gracias a su temperatura, empieza por rebasar la altura de las cordilleras y después, enfriada gradualmente, va bajando por el peso de la humedad que la satura, y cuando entra por último en la zona templada, cae a la superficie de la tierra con sus nubes y sus lluvias y lucha por la supremacía contra la corriente polar. La diferencia de frío específico entre las masas de aire opuestas debe de ser mínima puesto que, unas y otras vencen alternativamente. A veces la corriente llegada de la zona tórrida, que se conoce desde abajo por el mucho *cirrus* que trae, no alcanza a la superficie del suelo y se sostiene hasta el polo en las capas superiores de la atmósfera, mientras el viento que sopla de la zona glacial forma una corriente continua en la redondez del globo del polo al Ecuador; de todos modos, hay que considerar al viento del Suroeste como viento dominante de la zona templada del Norte, pues se nota allí con mucha mayor frecuencia que la corriente contraria y la proporción viene a ser el doble para la primera entre los grados 50 y 55 de latitud. Sábese que los barcos de vela tardaban antes 46 días por término medio en llegar de Europa a los Estados Unidos, y el viaje de vuelta, facilitado también por la corriente del golfo (*Gulf-Stream*), se verificaba en 23 días; los vientos del Sureste

y del Oeste, que no son más que la contracorriente de los alisios, soplan con tanta regularidad en esos parajes, que se ha podido dar el nombre de *viajes de subida* a las travesías de Europa a América, y de *viajes de ascenso* a las carreras en sentido inverso. Fenómenos correspondientes a esos se efectúan en el hemisferio del Sur, donde los vientos del Noreste soplan con frecuencia más allá de los límites meridionales de los alisios.

De modo que los dos vientos permanentes aspirados hacia el Ecuador por la dilatación del aire caliente tienen cada cual su dominio propio, limitado interiormente por las calmas de la línea equinoccial, exteriormente por los vientos irregulares de la zona templada; de todos modos, como esos límites oscilan sin cesar según los meses y las estaciones, no pueden indicarse con precisión. En un mapa general de los vientos alisios, basta con trazar las corrientes extremas de esas corrientes en invierno y en verano. Por término medio el espacio donde sopla el viento del Noreste en el Atlántico abarca de 18 a 20 grados de latitud, o sean de 2.000 a 2.200 kilómetros de anchura; en el Pacífico meridional, el dominio del alisio del Sudeste no debe ser inferior a 30° o 3.300 kilómetros.

Entre las corrientes atmosféricas y las oceánicas, hay analogía evidente. El río marítimo que se forma en la unión de las dos masas de agua procedentes de ambos mares polares corresponde a la zona equinoccial, donde se encuentran los vientos alisios del Noreste y Sudeste. Obligadas a extenderse lateralmente, sosteniéndose bajo el nivel común del depósito marítimo que las encierra, las aguas tibias de la corriente ecuatorial corren luego hacia el Noreste paralelamente a la contracorriente de los alisios, que se ha elevado a las alturas de la atmósfera. Bajo el influjo de las mismas causas, los dos océanos del aire y del agua se mueven en la misma dirección y sus movimientos sufren las mismas oscilaciones hacia el Norte y hacia el Sur durante cada período alternado de las estaciones. En verano, cuando el *Gulf-Stream* se prolonga a lo lejos en los mares boreales, el doble sistema de alisios y de contraalisios del Nor-

te entra muchos grados en la zona templada, y durante el invierno refluye de nuevo hacia el trópico de Cáncer, seguido por el *Gulf-Stream*, que se refleja gradualmente hacia el Sur. La semejanza sería completa si el agua fuese como el aire flúido elástico y compresible y no se hallara encerrada en una cuenca cuyos bordes no puede salvar. La diferencia de los medios explica la diferencia de las corrientes que el calor del sol y la rotación terrestre originan en el Océano y en la atmósfera.

VI

Alisios de los continentes.—Monzones.—Vientos etéreos

Hemos dicho que los vientos alisios no tienen en los continentes la misma regularidad que en los mares. En la superficie del Océano las masas de aire movable no son retenidas por ningún obstáculo; se propagan libremente hacia la zona ecuatorial y no puede apartarlas de su camino la atracción de ningún foco marítimo de calor, porque la temperatura del agua crece y mengua muy lentamente y del día a la noche las oscilaciones del termómetro no llegan a dos grados centígrados. No ocurre lo mismo en medio de las grandes islas y continentes. Yérguense allí cordilleras a través de la marcha de los vientos y les hacen cambiar de dirección. El sol calienta de diverso modo los bosques, las praderas, las masas de agua, las mesetas de largas pendientes, las colinas, las grandes llanuras y los innumerables relieves topográficos, y éstos rechazan o desvían al viento que sopla desde los mares vecinos. En las alturas del espacio puede seguir la corriente su movimiento normal por encima de mesetas y montañas, pero más abajo recorren vientos desiguales las desiguales regiones de la superficie. Unas veces desaparece la faja de calma ecuatorial; otras veces se ensancha de manera anormal; repliéganse de diverso modo los vientos a una y a otra parte para dirigirse hacia la comarca cuyo aire esté más dilatado por los rayos

del sol. Forzoso es decir, además, que en la mayor parte de los países tropicales han sido insuficientes las observaciones meteorológicas.

Pero no puede ponerse en duda que los alisios soplen en vastas extensiones continentales lo mismo que en la superficie de los mares. Efectivamente, la falta de lluvias y de vegetación en toda esa parte del Africa conocida con el nombre de desierto de Sahara demuestran de modo indudable la existencia de un viento regular del Noreste. Después de haber pasado sobre las altas mesetas del Asia y haberse deshecho de la mayor parte del vapor de agua, esa corriente atmosférica atraviesa oblicuamente toda el Africa, desde las orillas del Nilo hasta las del Níger; en ese enorme trayecto, de 2.700 kilómetros, no deja caer lluvia más que en la cumbre de los montes, como el Djebel Hoggar, y apenas mancha con alguna nube el inalterable color azul del cielo. En la costa occidental del Sahara, el viento abrasador llamado *harmattan* no es otro que el alisio del Noreste más o menos desviado de su corriente a consecuencia de la profundidad del mar. Hacia el grado 17 de latitud Norte, en las fronteras meridionales del Sudán, ya se forman nubes en el espacio, abundantes lluvias penetran en el terreno y a la aridez del desierto sustituye una hermosa vegetación; y es que el dominio de los vientos permanentes termina allí, y lo sustituye la zona de calmas ecuatoriales cuya corriente ascendente está saturada de vapor acuoso. En la parte meridional del Africa se notan con regularidad los vientos alisios del Sudeste, y según testimonio de Livingstone, atraviesan por completo el continente desde la desembocadura del Zambeza hasta el litoral de Angola. Allende el gran estrecho del Atlántico, el soplo constante de los vientos húmedos del Sudeste refresca también las regiones tropicales de América del Sur. El Brasil, el Paraguay, gran parte de la República Argentina, de Bolivia, del Perú, de las Guayanas y de Colombia, están comprendidos en ese gran dominio meteorológico. El viento alisio, replegado hacia el Ecuador de Oeste a Oeste, sube con igualdad de hálito el valle del Amazonas, penetra en

los alfores de los Andes y salva la alta barrera de montañas, pero dominadas por la enorme muralla, las riberas del Pacífico no sufren la influencia del viento del Este. Los buques que recorren aquellas cercanías han de recorrer de 200 a 1.000 kilómetros, según los parajes, antes de que un soplo de viento alisio, procedente de las cumbres andinas, los impulse hacia Australia.

En las partes del mundo donde los vientos tropicales dejan de ser permanentes, las oscilaciones de la corriente atmosférica presentan generalmente carácter de periodicidad y se verifican con regularidad siguiendo el curso de las estaciones. Entre esos vientos de regreso uniforme, débense citar principalmente los monzones de la India y de Arabia. El nombre árabe de esos meteoros (*manssim* o *monssim*) significa cambio o estación, porque realmente dividen el año de una manera rigurosa en dos períodos completamente definidos. Durante los grandes calores del verano, las mesetas áridas del Asia Central, y hasta las campiñas del Indostán, mucho más calentadas que el mar, obran como inmensa bomba aspirante; el aire que descansa en aquella parte del continente asiático se dilata, y por lo tanto, nuevas masas aéreas afluyen sin cesar desde el Océano Índico hacia las comarcas del Norte. Según Dove, el alisio del Sudeste, arrastrado por ese movimiento general del aire, salva el Ecuador para entrar en el hemisferio boreal y transformarse gradualmente en monzón del Suroeste a consecuencia de su gran velocidad angular adquirida en la convexidad ecuatorial. De todos modos, no es probable que ocurra así, porque el monzón no tiene la misma altura vertical que los alisios y su dirección no es uniforme del Suroeste al Noreste, como en las costas de Malabar; en el valle de Scinde y en el del Crawaddy es faneamente meridional; en el fondo del golfo de Bengala, en Siam, en el ángulo oriental del continente asiático, su dirección es de Sudeste a Noroeste, perpendicularmente a las costas que atraen al viento.

Saturado con la humedad que se ha evaporado de la gran caldera del mar de las Indias, inunda el monzón con lluvias torrenciales las costas del Malabar y las riberas de la penín-

sula transgángtica; después choca con las altas montañas del Himalaya y de las otras cordilleras y mesetas del Mediodía del Asia Central. No salva esa barrera. Sus nubes, cargadas de lluvia, que se desgarran en las fragosidades de las cimas inferiores, dan a conocer bien a las claras que el viento marítimo no rebasa una altura de 1.500 a 2.500 metros, y que encima otra capa aérea se mueve en las alturas. El movimiento que arrastra a esa capa elevada es el mismo que el monzón del Suroeste, pero en realidad sus largos rastros de *cirrus* (de una altura de 5.000 u 8.000 metros) se le conoce como gran corriente de retorno o contraalísio, que se cierne en la misma elevación encima del Atlántico, en el mar de Canarias.

Cuando el sol, en su trayectoria por la eclíptica, vuelve hacia el trópico de Capricornio, el foco de atracción se mueve en dirección al Sur. El monzón del Suroeste deja de inclinarse hacia las grandes penínsulas de Asia, el viento regular del Noreste vuelve a soplar, y las corrientes de atracción se repliegan en el hemisferio meridional hacia las islas de la Sonda y de Australia. Gracias a esa alternativa regular que asombró al antiguo navegante griego Hippalos, los marinos del Océano de las Indias pueden contar anticipadamente con un viento favorable que empujará sucesivamente a los barcos en las dos travesías de ida y vuelta. Además, no tienen que temer esas calmas prolongadas que son una plaga para la navegación a vela en la zona ecuatorial del Atlántico y del mar del Sur. El movimiento circulatorio no pasa en ninguna parte de las zonas inferiores del océano aéreo, y fácilmente puede observarse encima de las islas de la Sonda y de Australia, lo mismo que en las laderas del Himalaya, el viaje constante de las nubes arrastradas por los vientos alisios regulares. Un volcán de Java observado por Smighuhn presenta notable ejemplo de eso. De su cumbre, cuya altura llega a unos 3.000 metros, se escapa todo el año una columna de vapores que se repliega graciosamente en el espacio para dirigirse hacia el Oeste o el Noroeste como larga nube blanquecina, y el monzón sopla

precisamente en sentido inverso durante seis meses en las pendientes y base de las montañas.

Los monzones de las Indias Orientales no son los únicos vientos que rompen la uniformidad de los alisios. En todas las partes de la zona tropical donde las riberas de los continentes son paralelas al Ecuador, alternan con regularidad los vientos por la mayor rarefacción del aire que se verifica, ya en la tierra, ya en el mar, según la marcha del sol. Durante la mayor parte del año las costas africanas que se prolongan desde el golfo de Benin hasta el cabo de las Palmas, atraen los monzones del golfo de Guinea. Esas masas de aire, cambiando de dirección, se repliegan para soplar hacia el Noreste y corren rápidamente hacia el gran horno del Sahara, donde la atmósfera ardorosa suele estar más dilatada que en otro cualquier país del mundo. Sobre el mes de Enero, cuando hasta el Sahara está más frío que los mares ecuatoriales y las riberas del Congo, el alisio del Noreste recobra su preponderancia y atraviesa toda el África del Norte, dirigiéndose oblicuamente al Sur, hacia las costas de la Guinea meridional. Muy violento al principio, pronto se debilita y no suele durar más que dos o tres semanas, para ceder de nuevo el imperio del aire al monzón marino. Durante su corta aparición, la corriente llegada del desierto no deja de arrastrar un polvillo blanco, semejante a densa niebla. Es la arena del Sahara, que en las regiones situadas inmediatamente al Norte de Guinea es casi blanca, y más allá rojiza.

En las costas de Chile, en las de California, en las islas del Pacífico, alrededor del golfo de Méjico y del mar de las Antillas, se verifican fenómenos análogos. En verano, recorren el valle del Mississipí y las mesetas de Tejas verdaderos monzones que distribuyen las lluvias de aquella parte del continente, a los cuales reemplazan aquellos vientos peligrosos del Norte o Noreste, que vienen a ser alisios más o menos desviados de su camino. Por su parte, las riberas occidentales de Méjico presentan un fenómeno alterante muy parecido entre los vientos del Sudeste en verano y los del Noreste en invierno. En las costas paralelas o

sencillamente oblicuas a la marcha de los alisios, no resulta rechazada una parte de esos vientos, como en las Indias o en Guinea, pero la atrae más o menos el foco de calor fuera de la vía regular. En el litoral de Marruecos, y cerca del archipiélago de Canarias, el viento del Noreste sufre una desviación considerable hacia el continente africano y se transforma a veces en viento del Norte. También las mesetas de Nueva Granada y los llanos de Venezuela apartan la corriente normal que acaba de penetrar en el mar de las Antillas y la obligan a soplar perpendicularmente a la costa. Así surge una brisa periódica que puede ser considerada como un viento intermedio entre el monzón y el alisio propiamente dicho.

Los vientos del Mediterráneo oriental, llamados por los antiguos, vientos etéreos, no son sino monzones. Son corrientes atmosféricas atraídas del Norte hacia los continentes de África por los poderosos focos de atracción de arena de Egipto y del Sahara. Durante casi todo el verano las masas aéreas que descansan en la Europa meridional se ven arrastradas por la parte de África y a las comarcas templadas de vientos variables, como Italia, Provenza y España. Se comprueba que las corrientes predominantes son las del Norte. Gracias a ese movimiento general del aire, la travesía de Europa a África suele verificarse más rápidamente que el viaje de vuelta. Para los barcos de vela que recorren el Mediterráneo entre Francia y Argelia, el paso del Norte al Sur viene a constituir las dos terceras partes del viaje en sentido inverso. Toda la parte septentrional de las Baleares, y especialmente de Menorca, es asolada por un viento del Norte que dificulta la vegetación e inclina a todos los árboles hacia el Sur.

*Brisas de la tierra y del mar.—Vientos de las montañas.—
Brisas solares.—Vientos locales.—El simún, el siroco,
el foehn, las tormentas, el mistral.*

Además de las desviaciones laterales que ocurren dos veces al año, sufren los alisios a lo largo de las costas rápidas desviaciones diarias. En el contorno de los continentes hay como un fleco de brisas producidas por la diferencia de temperatura entre la tierra y el agua. Durante el día las comarcas del litoral se calientan con mayor rapidez que la superficie del Océano. Sobre las diez de la mañana, después de un período de calma más o menos largo, se rompe el equilibrio entre las masas aéreas, y la atmósfera más fresca que descansa en las aguas se dirige a la tierra para sustituir al aire dilatado que se eleva hacia las regiones superiores. Poco a poco aquel movimiento de traslación, que al principio sólo se cortaba en las cercanías de la costa, se comunica a todas las capas atmosféricas hacia adelante y hacia atrás, y la brisa sacude todo el océano aéreo y ocupa amplio espacio encima del mar y del continente, a los cuales une, como una chapa de acero une los dos brazos de un imán. Durante la noche el suelo pierde con la radiación gran parte del calor que había recibido, y el mar conserva poco más o menos la temperatura del día. Rómpease el equilibrio otra vez, pero en provecho del mar; la brisa retrocede y sopla en sentido inverso. En el espacio de veinticuatro horas oscila la brisa de la tierra al mar y del mar a la tierra con un movimiento de flujo y reflujo análogo al de las mareas. En las comarcas del Plata esos soplos alternados de la tierra y del mar presentan una regularidad tan grande, que han recibido el nombre de *virazonas*. Alrededor de Otaíiti se suceden igualmente con tanta puntualidad, que un barco podría dar vuelta completa a la isla en varias noches consecutivas con viento en popa.

Esas brisas, que también podrían llamarse monzones día-

rios, coexisten con el movimiento de los vientos alisios, y por lo tanto son arrastradas al circuito general. En vez de ser perpendiculares a la costa, suelen formar con ésta un ángulo agudo; soplan al sesgo, como decía el marino Dampier. Pero no sólo hay brisas costeras en el dominio de los vientos alisios o en el contorno del Océano; las hay dondequiera que exista una diferencia de temperatura considerable entre la tierra y una extensión líquida, dondequiera que el aire fresco del mar o de un lago, llene los huecos dejados en el litoral por una corriente ascendente de aire cálido. Notable ejemplo de ello se ve en el estrecho mar Adriático. Durante cada día hermoso la brisa se levanta en medio del golfo y se dirige a un tiempo en dos sentidos contrarios: por una parte hacia las riberas de Italia; por otra, hacia las islas y montañas de Istria y Dalmacia. Durante la noche el hemicíclo de las costas que rodea las aguas del Adriático envía al mar, como a un foco común, el aire fresco que ha recibido; a las corrientes divergentes del día sustituye una ola de brisas convergentes.

También las montañas tienen su sistema propio de brisas, que alternan con una regularidad semejante a la de la brisa de tierra y la del mar en las costas del Océano. De día, sobre todo en verano, cuando las cimas de las montañas están expuestas a toda la intensidad de los rayos solares y reciben una cantidad considerable de calor que aproxima su temperatura a la de los valles, el aire que descansa en las cumbres se dilata y se eleva. Al mismo tiempo, el aire de las llanuras que se extienden al pie de las montañas se dilata también en mayor proporción, de modo que se establece una corriente descendente de la base a la cúspide de los picos en todos los valles y en todas las fragosidades. Las capas atmosféricas de la llanura se mueven y se dirigen hacia las alturas con tanto más ímpetu cuanto más haya calentado el sol las cimas. En ciertos valles, especialmente en el del Stura y otros ríos alpinos que riegan los campos del Piemonte, el viento ascendente tiene tanta fuerza, que la mayor parte de los árboles están uniformemente inclinados en la misma dirección que las montañas. Polen, restos de plan-

tas, insectos y mariposas, son arrastrados por la corriente aérea y manchan la blancura de las nieves. Por la noche se verifican fenómenos de orden inverso, con menor intensidad; las altas montañas cuyas cúspides se yerguen hasta el cielo, pierden calor con la radiación nocturna más pronto que los valles, las masas de aire que las rodean se enfrían y bajan en parte hacia los campos de los cuales habían subido unas horas antes. Así se establece un cambio entre ambas zonas, un flujo y reflujo, una marea atmosférica ascendente y descendente, regulada en su intensidad por las variaciones de la temperatura. Lo mismo que en las brisas costeras, llevan el movimiento rotatorio señalado por Dove.

Como ejemplo de estas brisas, pueden citarse los tres ríos aéreos que giran sin cesar en los valles de Sakaya, a menos que el sistema local de las corrientes atmosféricas se vea modificado por las tempestades. Esos tres ríos aéreos son el Fancigny, el Tarentes y el de la Maurienne. Recorre el primero el valle del Arve, desde Ginebra al Monte Blanco; muevese el segundo en los valles del Isère y de su afluente el Doron; el tercero sube y baja alternativamente todo el valle del Arco hacia el Monte Genis. El viento ascendente suele empezar a las diez de la mañana en los valles de Saboya, y la corriente descendente refluye hacia las llanuras desde las nueve de la noche; en ciertos lugares la llaman *matutina* porque suele notarse antes de amanecer. Fournet, que ha estudiado mucho tiempo esos fenómenos de mareas atmosféricas, ha comprobado que el paso del flujo al reflujo es más rápido en los desfiladeros estrechos, y en las anchuras se verifica la alternativa después de una serie de oscilaciones aéreas y soplos de viento en sentido inverso. Cada valle debe a su forma particular un peculiar régimen atmosférico; en unos, las brisas sucesivas son lentas e indecisas; en otros, alternan brusca y violentamente, produciendo, en el espacio de algunas horas, variaciones de temperatura de 20, 25 y 30°. Generalmente, las brisas son regulares en los valles regulares y no presentan particularidades notables hasta que salen a la llanura o en la confluencia de dos alfores. Como ejemplo de estos vientos curiosos

podemos citar una brisa de la cuenca renana, llamada *Wisper Wind*. Saliendo más arriba de York, del estrecho valle de Wisper, lleno de bosques y situado muy bien para sufrir en sus diversas partes todos los extremos de la temperatura, sopla esta brisa hasta las ocho, las nueve o las diez de la mañana, luego atraviesa el Rhin, choca contra las peñas de la orilla izquierda y se divide en dos corrientes, una de las cuales sube al Sur, hacia Bingen, acrecentándose en el camino con varios vientecillos tributarios, mientras el otro, más débil, baja al Norte hacia Bachasach.

Hasta en las llanuras y comarcas poco frías han de sustituirse regularmente brisas diarias por las diferencias locales de temperatura que produce la marcha del sol. Por la mañana, en cuanto amanece, la temperatura, que era muy baja por la evaporación nocturna, crece rápidamente, el aire se dilata y se extiende hacia los espacios más fríos que hay hacia el Oeste; resulta de ello un vientecillo del Este, que poco a poco se convierte en viento del Sudeste según se va elevando el sol sobre el horizonte. Cuando el astro está en el cénit, el aire dilatado se extiende hacia el Norte; finalmente, por la tarde, el sobrante de aire calentado todavía por los rayos solares se dirige hacia el Este, donde se enfrían las capas aéreas. Cuando no agita la atmósfera un viento general, ha de surgir una brisa que gire regularmente alrededor del horizonte en el mismo sentido que el sol. En el hemisferio boreal, ese movimiento giratorio se verifica de Este a Oeste por el Sur; en el hemisferio opuesto, la brisa diurna verifica su revolución gradual por el Norte. de Este a Oeste. En las montañas el fenómeno es más complejo, por las brisas superiores e inferiores que se mezclan con las giratorias. Nótese, sin embargo, que la mayor parte de los vientos locales determinados por la diferencia de las temperaturas se dirigen al Oeste por la mañana, y luego giran gradualmente en sentido inverso al sol y soplan hacia el Este cuando el astro se inclina hacia el Poniente. Son los vientos solares del departamento del Drome.

El origen de los vientos boreales, que caracterizan ciertas regiones, reside en el reparto desigual del calor. De esa

clase son el *chamsin* de Egipto, el *pampero* de la República Argentina y la corriente aérea a la cual se llama en el Sahara *simún* o viento envenenado. En cuanto empieza a soplar, el viajero jadeante respira trabajosamente; el aire es ardoroso y seco como si saliera de un horno; acrecentado el calor por la radiación de los innumerables granos de arena que flotan en la atmósfera, se eleva rápidamente a 45, 50 o 56°; vélese el sol; todos los objetos adquieren un matiz morado y rojo oscuro; el polvo llena el espacio. Para que no los choque el aire irrespirable, los hombres se tapan la cara con sus vestiduras y los camellos se hunden hasta el pescuezo en la arena. No siempre ocurre que se levanten trombas de polvo al cielo como torbellinos. Palgrave, que hubo de aguantar un violento *simún* en un desierto de Arabia, no vió en el cielo nubes de polvo ni de vapor y no pudo explicarse las tinieblas que súbitamente invadieron la atmósfera.

En Sicilia y en el Sur de Italia sopla a veces un viento cálido del Mediodía, considerado como una especie de *simún*, que se satura de humedad al pasar por el Mediterráneo: es el *siroco*. Suele ser poco rápido y alternan con sus resoplidos calmas sofocantes; la superficie del agua apenas se agita, pesa una bruma sobre el horizonte, ocúltase el sol detrás de un velo de nubes blanquecinas. Bajo la influencia enervadora de ese soplo del Mediodía se hace penoso todo trabajo, pero nunca hay que temer los formidables fenómenos que se presentan durante el *simún*.

En los Alpes de Suiza el viento del Sur se llama *foehn*, palabra derivada de *favonius*, como llamaban los romanos al viento meridional. ¿Cuál es el origen de esa corriente? ¿Ha nacido en el Sahara, como opinan Desor, Martins y Escher de la Linth, y su soplo abrasador sirvió para derretir los antiguos ventisqueros de los Alpes? ¿Es el contralísio que baja de las alturas de la atmósfera y procede del Atlántico y del mar Caribe, como afirma Dove? ¿La humedad que trae no habrá servido para hacer más poderosos los grandes ríos de hielo? El último caso parece probable; sea de ello lo que fuere, el *foehn* suele cambiar su curso,

y sea o no continuación del *siroco* mediterráneo, modifican su carácter las desigualdades del relieve de las montañas. Al elevarse en las pendientes, dilátase el aire cada vez más por la menor presión atmosférica, y pierde, por lo tanto, gran cantidad de calor; en la base de la montaña era aire caliente, y se convierte en corriente fría. Atravesada la arista, la masa aérea que baja hacia las llanuras es comprimida gradualmente por las capas superiores y la cantidad de calórico que había desaparecido por la dilatación se reproduce nuevamente; el viento frío de la cima se calienta para soplar en los valles. Es éste un fenómeno notable en las montañas que separan el Valais del Piamonte y de Lombardía. Muy caliente a la entrada de los alfores italianos de los Alpes, la corriente atmosférica del Sur se enfría de 20 a 30 grados al pasar por el Monte Rosa; deja caer lluvias y nieves abundantes, y después de haber bajado a las pendientes opuestas, lleva a los aldeanos suizos algo del clima ardoroso de los trópicos.

Las formidables tormentas que sorprenden a veces al viajero en las altas montañas o en las nevadas llanuras, pueden ser determinadas por los vientos más diversos, que soplen de uno u otro punto del horizonte. Terrible es verse asaltado por uno de esos meteoros. Las masas blancas arras-tradas por ráfagas cubren todos los objetos cercanos. Los desdichados perdidos entre la borrasca no ven ni las pendientes vecinas, ni el cielo encima de sus cabezas, ni el camino que siguen sus pasos. Ensordecidos por el ruido de la tempestad, cegados por las nubes de polvo que les azotan el rostro, helados por la nieve que se les agarra al pelo y convierte sus ropas en masas tiesas y pesadas, pronto se extravían los viajeros y se caen atontados por el frío. Centenares de cadáveres de hombres y caballos dispersos en ciertos desfiladeros de Karakoonn y el Himalaya recuerdan las terribles tormentas de nieve que han causado víctimas en aquellas montañas. Los accidentes del mismo género son también muy numerosos en los páramos de la India, de Chile, de Bolivia, del Perú. Hasta en los Pirineos y en los Alpes, donde hay hospicios para refugio de los viajeros

sorprendidos por torbellinos de nieve, perecen todos los años muchos desdichados en las tormentas de nieve.

Las comarcas del Mediodía de Francia también padecen los efectos de un viento que es una verdadera plaga, procedente del Noroeste, al cual se llama *mistral*. Lo causa, como los vientos alternados de las montañas, la yuxtaposición de dos superficies de calor desigual. La velocidad de esa corriente aérea, comparable a veces con la de los huracanes, desarraiga, arrolla y derriba paredes. "El *melamboreas* —dice Estrabón— es un viento impetuoso y terrible, que derrumba los peñascos, precipita a los hombres desde los altos de los cerros y los despoja de sus trajes y armas". Los galos del valle del Ródano lo consideraban como un dios formidable; le levantaban altares y le ofrecían sacrificios; los provenzales decían que el Durance, el *mistral* y el Parlamento eran sus tres grandes calamidades. Se nota sobre todo en invierno y en primavera, cuando los Cevennes, cubiertos de nieve, están muy fríos y el sol calienta continuamente las playas marinas; entonces las masas de aire bajan como torrente de lo alto de las montañas para sustituir a la corriente ascendente de la atmósfera dilatada que se forma encima de la región del litoral. De noche las tierras bajas situadas al pie de las montañas pierden calor por la radiación y disminuye la afluencia de aire frío, para empezar de nuevo al día siguiente cuando el sol vuelve a calentar la atmósfera de la llanura. En verano, la diferencia de temperatura es menor entre las playas y las áridas fragosidades de los Cevennes, así es que el *mistral* es menos fuerte durante dicha estación, y a veces cesa por completo. En varias partes del litoral de España y de Italia, de Grecia y del Asia Menor, vientos del mismo género, conocidos con otros nombres, también se precipitan desde la cima de las montañas ribereñas.

VIII

*Zona de vientos variables.—Lucha de vientos opuestos.—
Dirección media de las corrientes atmosféricas.—
Ley de giro.*

Fuera de los límites mudables en que soplan los alisios de ambos hemisferios, empiezan las zonas de vientos variables. Corren allí las masas de aire ya en un sentido, ya en otro, y de un modo muy irregular en apariencia; a veces dirígese un solo viento sin cesar durante semanas enteras hacia un punto del horizonte; a veces dan una vuelta completa al círculo de vientos que se suceden; a veces permanece tranquilo el aire entre dos regiones meteorológicas donde los vientos se suceden en sentido inverso, por lo cual se da el nombre de *veleta* a cuanto es inestable y versátil.

Contribuyen a ese desorden de los vientos en Europa y en las otras tierras extrañas a la zona de los alisios las protuberancias del relieve continental. Las corrientes generales que pasan por encima de una cordillera no soplan con la misma regularidad que en la llanura. Efectivamente, los vientos son tanto más desiguales en sus soplos sucesivos, cuanto más fragosa sea la superficie sobre la cual pasan. La misma masa aérea que se mueve encima de los mares con la uniformidad de un río inmenso, se aparta de su marcha regular en cuanto interrumpen su curso las desigualdades del terreno. Al pie de las grandes montañas suizas, y especialmente en las cercanías de Ginebra, donde el relieve terrestre es muy fragoso, las alternativas de la fuerza del viento son tan grandes, que el anemómetro indica a veces una variación de 1 a 3. En los altos alfores de los Alpes suele ocurrir, hasta en las más violentas tempestades, que la atmósfera presente a intervalos perfecta calma. A todos los furores del aire desencadenado sustituyen a veces el silencio y el reposo, y luego el huracán vuelve a soplar con estruendo. Y es que las corrientes atmosféricas, semejantes en esto a los ríos del Océano, no se dirigen invariablemente

hacia el mismo punto del horizonte, y sufren oscilaciones sucesivas, ya a la derecha, ya a la izquierda, del eje de su movimiento. Por consiguiente, el que se encuentre colocado encima de una montaña, en un punto dominado por cimas más elevadas, debe estar expuesto sucesivamente, según las diversas direcciones de la corriente aérea, a la furia de la tempestad y protegido por alguna alta cumbre en la cual se estrella el viento. Ni en los países poco escarpados o en las llanuras donde abunden casas y bosques, anda el viento con soplo igual como el alisio de los mares; adelanta con una sucesión de soplos y ráfagas, cada una de las cuales representa una victoria de la corriente atmosférica sobre un obstáculo de la llanura. Al rozar con el suelo, el viento es siempre intermitente y en las alturas del aire anda casi siempre con movimiento igual y majestuoso como la corriente de un río.

Las ráfagas bruscas de las capas inferiores del Océano no son más que fenómenos secundarios, y en todas esas peripecias súbitas del viento, que parecen debidas al acaso, el desorden es más aparente que real. Aunque el soplo se note sucesivamente en cada punto del horizonte, existen tan sólo dos corrientes atmosféricas en cada zona templada: la que viene del polo para reemplazar el aire dilatado de las regiones tropicales, y la que refluye del Ecuador después de haberse elevado en las alturas del espacio sobre la capa de vientos alisios. En el hemisferio septentrional, ambas masas aéreas parten una del Norte y otra del Sur; pero a consecuencia del movimiento de rotación de la tierra, su dirección se transforma poco a poco como la de los alisios: el viento del Norte se convierte en viento del Noreste, y el del Sur acaba por soplar del Suroeste. Como lo hace notar Dove, la mayor parte de las corrientes aéreas engañan al observador, porque no vienen de las regiones desde las cuales parece que soplan. El viento del Noreste es, en realidad, más viento del Norte que la masa de aire cuya dirección es francamente meridional, y el viento del Suroeste es el verdadero viento del Sur, cuando el que parece proceder del Sur viene del Sudeste.

Dos grandes corrientes aéreas se disputan la extensión de cada hemisferio terrestre, desde el polo a uno de los trópicos. Generalmente todo este espacio está dividido en vastas faias oblicuas compuestas de masas de aire que corren en sentido inverso, unas desde el polo, otras desde las regiones ecuatoriales. Esas fajas viajan por la redondez del globo, y en el mismo espacio domina tan pronto el viento polar como el tropical, pero nunca deia de haber una compensación entre esas corrientes atmosféricas y el viento neutralizado o rechazado a una parte de la atmósfera se nota en seguida en otro punto. Mientras existe la lucha entre las dos masas de aire animadas por movimientos contrarios, las vicisitudes del conflicto y la preponderancia gradual de uno de los vientos tiene por resultado la modificación temporal de la marcha del aire y las vueltas de la veleta hacia los diversos puntos del horizonte. La irregularidad aparente de todo el sistema atmosférico procede del encuentro de dos vientos regulares.

Aunque la lucha esté siempre trabada entre ambos ríos aéreos, ya en un punto, ya en otro, no es igual la fuerza de los dos, y uno de ellos acaba siempre por vencer después de un período de resistencia más o menos largo. El viento superior en fuerza impulsiva es la corriente de retorno bajada de las alturas del espacio para alcanzar el nivel del terreno fuera de la zona de los alisios. En efecto, es evidente que en su circuito alrededor del planeta, una misma capa de aire debe dilatarse mucho más cuando va de la zona tórrida a las regiones glaciales que al volver del polo, y después de haberla condensado el frío, y ocupa así, por su temperatura, un espacio mucho mayor en el primer viaje.

Es así: los vapores de que está cargado el aire de la zona ecuatorial contribuyen a dilatarse más todavía, mientras los vientos polares son relativamente secos, y por lo tanto, de mayor densidad. Las corrientes aéreas que vienen de la zona tropical, es decir, los vientos del Suroeste en el hemisferio septentrional y los del Noroeste en el meridional, deben tener la preponderancia y soplar durante más considerable espacio de tiempo; así ocurre a lo menos en la

zona templada del Norte, donde los vientos que se dirigen hacia el polo boreal suelen vencer a los vientos opuestos.

Esas corrientes atmosféricas, procedentes del Ecuador, se dirigen naturalmente hacia el Este, de lo cual resulta que en el hemisferio del Norte la mayor parte de los vientos soplan del Oeste, y eso se nota en la América del Norte lo mismo que en Inglaterra. En las costas atlánticas de Francia, la relación entre las corrientes aéreas que se equilibran alrededor del viento de Oeste y las que soplan de los puntos del horizonte directamente contrarios es de 3 a 4. La proporción sería más favorable a los primeros si la cordillera de los Pirineos, erguida como alto valladar al Sur de Francia, no modificase la dirección de las corrientes atmosféricas y no las obligase a dar la vuelta por el golfo de Vizcaya para replegarse hacia el Este. En Cherburgo, en pleno canal de la Mancha, la diferencia entre los vientos del Oeste y los del Este es mucho mayor. Según Liais, es de 1 a 3. En el valle del Saona y del Ródano, el movimiento general de los vientos es del Norte al Sur, como si el aire se viera obligado a sumergirse en la especie de embudo formado por los Vosgos, el Jura y los Alpes al Este, las alturas de la Costa de Oro, Beaujolais y Cevennes al Oeste. Lo mismo ocurre en cada valle secundario, de modo que los del Valais no suelen conocer más que los vientos del Este y del Oeste; en el alto valle del Ródano no se notan más que los del Norte y el Sur.

Según Kamtz, la dirección media del viento en toda Francia es de Sur 88° Oeste, es decir, que la resultante de todas las corrientes debe partir de un punto del horizonte situado exactamente a 2° al Sur del Oeste. Esta dirección del viento explica perfectamente por qué las grandes ciudades de Francia y los países vecinos tienden en general a desarrollarse por la parte Oeste, tratando de respirar el aire puro. Por eso emigran de generación en generación los habitantes ricos de las grandes ciudades hacia la parte de las afueras donde se pone el sol.

Hecho notable es que los vientos del Suroeste aumentan en intensidad según se acercan al polo, y los vientos del

Norte disminuyen gradualmente de fuerza al dirigirse hacia el Ecuador. Fenómeno es ese, fácil de comprender. El espacio que recorren las masas de aire procedentes del Mediodía se estrecha poco a poco en dirección al polo, y por consiguiente, el paso del río aéreo no puede verificarse más que acrecentando su velocidad. Por su parte, los vientos polares atraviesan latitudes donde el espacio se abre cada vez más adelante de ellos y su soplo se retrasa gradualmente hasta la zona tropical, donde se convierte en la corriente pacífica y regular de los alisios.

Comprobaron hace siglos los sabios que en el hemisferio septentrional la sucesión de los vientos se verifica de una manera normal en sentido del Suroeste al Noreste por el Oeste y el Norte, y del Noreste al Suroeste por el Este y el Sur: movimiento de rotación análogo al que parece que describe el sol en el cielo cuando después de haber salido por Oriente se dirige a Occidente, desarrollando su amplia curva alrededor del cénit. Ya había hecho Aristóteles esa observación dos mil años ha.

“Cuando cesa un viento para que otro lo sustituya en dirección cercana —dice el citado sabio en su *Meteorología*—, se verifica el cambio siguiendo el andar del sol”. Desde la época del gran naturalista griego, varios autores enumerados por Dove han afirmado de nuevo el hecho de la rotación regular de los vientos, conocido de los marinos desde tiempo inmemorial. Hasta el siglo XIX no se ha determinado bien ese fenómeno meteorológico. Dove es el primero que ha reunido los testimonios dispersos que confirman la antigua hipótesis en certidumbre científica. Ya es indiscutible, gracias al sabio berlinés, que en el hemisferio del Norte los vientos suelen sucederse en un orden regular, indicado en la fórmula siguiente:

S. O.—O.—N. O.—N.—N. E.—E.—S. E.—S.—S. O.

En el hemisferio meridional la rotación normal de las corrientes aéreas se verifica en dirección inversa, es decir,

de Noroeste a Sudeste por el Oeste y el Sur, y del Sudeste al Noroeste por el Este y el Norte:

N. O.—O.—S. O.—S.—S. E.—E.—N. E.—N.—N. O.

En cada uno de ambos hemisferios la procesión de los vientos coincide con la marcha aparente del sol, que para los europeos describe su carrera diaria al Sur del cénit y para los australianos pasa al Norte de ese mismo punto. Tal es el orden regular al cual el descubridor ha dado el nombre de ley de giro, y que suele designarse fundadamente con el título de ley de Dove. Los vientos generales siguen en su sucesión el mismo orden que la brisa diurna originada por la posición relativa de la tierra y el sol, y quizás, gracias al apoyo de esas ligeras brisas, se establece en el espacio el régimen normal de la rotación de las corrientes aéreas.

Resulta de un gran número de observaciones hechas en diversas partes de Europa que las revoluciones completas de los vientos que se verifican en el sentido normal superan en mucho a las que se verifican en sentido retrógrado. En Liverpool, en Londres, en Bruselas, en Kharkoff, las rotaciones directas vienen a constituir los dos tercios de las revoluciones totales; bajo ese aspecto hay concordancia casi perfecta entre el sistema atmosférico de la Europa occidental y el de la Europa oriental.

Estudiando las revoluciones parciales nunca se alcanzaría un resultado análogo, porque la dirección de una corriente atmosférica oscila a veces de derecha a izquierda desde un mismo punto del horizonte antes de describir un movimiento de rotación completo en un sentido o en otro. De todos modos, para precaverse contra cualquier error, importa estudiar asiduamente todas las oscilaciones de la veleta, porque si alguna vuelta completa del viento no se ha verificado en el espacio de un mes, alguna otra puede acabarse en el espacio de un día. En Guadenfeld (Silesia) ha observado Kolbing una rotación normal cuya duración no pasó de 16 horas, o sea lo que dura una noche de invierno.

CAPÍTULO II

HURACANES Y TROMBAS

I

*Remolinos aéreos.—Ciclones de las regiones ecuatoriales.—
El gran huracán.*

ES lo más probable que el viento nunca se propague en línea recta. Si así ocurriera, sería por no encontrar en su camino ninguna de las protuberancias del relieve terrestre y por no tropezar con otras masas de aire, ya tranquilas, ya de movimientos opuestos. Las corrientes atmosféricas tienen siempre que luchar contra los obstáculos de esa naturaleza y necesariamente han de desviarse a derecha o a izquierda, formando torbellinos, y adelantar con una serie de remolinos semejantes a los que forma el agua de un río en el encuentro de dos corrientes. Así un viento rápido arrebata el polvo de las carreteras o se lleva por delante las hojas de los árboles. Del mismo modo, durante los días de invierno, cuando brisas desiguales se arremolinan en la atmósfera, los copos de nieve describen largas espirales y el humo forma círculos de diámetro cada vez más vasto. Las moléculas de aire, como los mismos astros, se mueven dando vueltas. Si dos soplos de aire se encuentran a la salida de un valle y se propagan en largos remolinos, el movimiento circular se prolonga como una arruga en la superficie del agua, turbándose todo el equilibrio de la masa aérea.

En todas las regiones de la atmósfera donde chocan de frente dos corrientes o rozan lateralmente, se presentan en seguida en la línea de encuentro remolinos aéreos que se mueven con extraordinaria rapidez, y cuyos vastos torbellinos restablecen pronto el equilibrio entre ambas masas. Cuando estos remolinos no tienen más que una importancia local, se llaman trombas; cuando extienden su influencia a grandes extensiones de terreno, se les aplica la designación más general y más científica de ciclones, propuesta por Paddington. Puede aplicarse, asimismo ese nombre a los huracanes (*aracán*, *hurranoucan* en caribe) de las Indias Occidentales, a los tornados de las costas de África, a los *titones* (*ti-toong*) de los mares de la China, a las tempestades giratorias del Océano Indico y a las grandes rátagas de viento de Europa Occidental. De todos modos se designan generalmente con el nombre de ciclones los torbellinos que se desarrollan siguiendo una curva regular, ya en el mar de las Antillas, ya en el de las Indias, ya menos veces en el Océano Pacífico.

Los meteorólogos han comprobado que las tempestades giratorias de las regiones ecuatoriales surgen sobre todo en la época del trastorno de los vientos regulares. Poey nos enseña que de 365 huracanes observados desde 1493 a 1855 en las Indias Occidentales, 245 ocurrieron entre agosto y octubre, es decir, durante los meses en que las costas de la América del Sur, calentadas con exceso, atraen el aire más frío y denso del continente septentrional. En el mar de las Indias suelen ser mas numerosos los ciclones sobre el equinoccio de marzo, cuando cambian los monzones, después de los fuertes calores del verano. En el estado de los huracanes del hemisferio meridional, trazado por Paddington y completado por Bridet, no se menciona ni un ciclón en los meses de julio y agosto; más de las tres quintas partes de estos meteoros se han presentado en los tres primeros meses del año. En esa época del cambio de estaciones es cuando las poderosas masas aéreas, cargadas de electricidad, luchan entre sí por la supremacía y con su encuentro dan origen a esos grandes remolinos que se desenvuelven con

forma espiral a través de los mares y de los continentes. De todos modos, el torbellino llega siempre a poca altura en el océano del aire. Según Bridet, la altura media de los huracanes del mar de la Indias viene a ser de 3.000 metros; según Radfiel, es raro que un ciclón descargue a un tiempo al nivel del mar y en las capas atmosféricas superiores a 1.800 metros. Generalmente, la capa giratoria de los aires es bastante menos recia; a veces es tan tenue, que los marineros de un buque atacado por un ciclón ven encima de sus cabezas el cielo azul o las estrellas. Por encima del meteoro sigue el viento su marcha regular.

Esos bruscos movimientos de aire son acaso (después de las grandes erupciones volcánicas) los meteoros más formidables del planeta, por lo cual no es de extrañar que en la mitología india Buda, jefe de vientos y tempestades, haya acabado por convertirse, con el nombre de Siva, en dios de destrucción y muerte. Algunos días antes de desencadenarse el terrible huracán, la Naturaleza, ya abatida y como velada, parece que presiente un desastre. Las nubecillas blancas que viajan por las alturas del aire con los contraalisios se ocultan bajo un vapor amarillento o blanco sucio; rodean a los astros halos con vagas irisaciones, gravitan a lo lejos sobre el horizonte pesadas masas de nubes que se adornan al anochecer con magníficos matices purpúreos y dorados; el aire es sofocante, como si se exhalara de la boca de un horno. El ciclón, que ya da vueltas en las regiones superiores, se aproxima gradualmente a la superficie del suelo o del agua. Desgarrones de nubes rojizas o negras son arrastrados con furia por la tormenta, que atraviesa rápida el espacio: la columna de mercurio se agita en el barómetro y baja rápidamente; las aves forman círculos como poniéndose de acuerdo, y luego corren veloces para huir del meteoro que las persigue. Pronto aparece una masa oscura en la parte amenazadora del cielo; esa masa crece, se extiende poco a poco y cubre la extensión azul como un velo espantoso de tinieblas o con sangrientos reflejos. El ciclón baja y se apodera de su imperio, retorciendo sus inmensas espirales

alrededor del horizonte. A un silencio terrible sucede el rugido del mar y de los cielos.

La marcha del viento encuentra mucha más resistencia en lo interior de los continentes que en la redondez lisa de los mares, pero los fenómenos que allí se verifican durante los huracanes no son menos terribles. Las construcciones que se encuentran en el camino del meteoro son arrancadas a sus cimientos, las aguas de los ríos se detienen y refluyen hasta sus fuentes, los árboles aislados estallan y arañan la tierra con sus raíces; los bosques se inclinan como si formaran una sola masa y entregan a las tormentas sus ramas rotas y sus hojas desgarradas. Hasta la hierba queda arrancada y barrida. Por la estela del huracán vuelan innumerables residuos, semejantes a los restos de naufragios arrebatados por una corriente fluvial o marítima. Generalmente, la acción de la electricidad se suma a la violencia del aire en movimiento para aumentar los destrozos de la tormenta. A veces son tan numerosos los relámpagos, que semejan cataratas de fuego; las nubes y hasta las gotas de lluvia despiden luz; la tensión eléctrica es tan fuerte, que Reid dice haber visto brotar chispas espontáneas del cuerpo de un negro. Un bosque de la isla de San Vicente fué destruído enteramente sin que cayera un solo tronco. También en Europa, a las orillas del lago de Constanza, muchos árboles que quedaron erguidos a pesar de su edad, fueron completamente despojados de la corteza.

Los efectos del meteoro son más violentos generalmente en las riberas de las islas y de los continentes, donde la tormenta, al llegar con toda su fuerza inicial, aun no ha encontrado obstáculos. También cuesta en esos lugares más vidas humanas el desastre general por la abundancia de buques que hay en los puertos, y en muchos lugares de las costas hay tierras bajas, que el agua, impelida por el huracán, puede anegar en vastas extensiones. Cuando un viento ciclónico choca con las montañas de una costa, allí se estrella, y las regiones situadas al otro lado no notan sus efectos. En la isla de la Reunión, el huracán no hace daño cada vez más que en un lado; demasiado bajo para franquear

las montañas; empieza por asolar las campiñas situadas en una de las vertientes, pero si en su marcha a través del mar dobla el viento el promontorio que lo detenía, empiezan en seguida los destrozos. Desde los tiempos de Colón, el primer europeo que contempló los huracanes de las Antillas, millares de buques se han sumergido durante las tormentas giratorias de los mares tropicales, ya en el fondo de puertos y radas, ya en los mares que bañan las costas de América, de China, del Indostán y las islas del Océano Índico. Ciclón ha habido, como el de Calcuta en 1864 o el de La Habana en 1846, que ha destrozado más de 150 buques grandes en pocas horas, y algún otro cataclismo del mismo género, como el que pasó sobre el delta del Ganges en octubre de 1757, ahogo a más de 20.000 personas en las aguas desbordadas.

En medio del Océano, los peligros que corren los barcos son menores que en las radas mal cerradas de las costas, pero las sensaciones experimentadas por los marinos deben de ser tanto más vivas cuanto que están completamente aislados, perdidos en la espantosa tormenta; alrededor de ellos, el día está oscuro, más que la noche, porque la poca luz que queda no sirve más que para ver las tinieblas. Los vientos que rugen y silban, las olas que chocan entre sí, los paños del barco que crujen, los tablones que gimen, todas esas innumerables voces que se mezclan y se confunden en espantoso mugir, que se sobrepone a los estallidos del trueno. El mar no forma olas anchas y poderosas; hierve como una enorme caldera calentada por el fuego de volcanes submarinos. Las nubes bajas, que a veces se arrastran sobre las olas, despiden de cuando en cuando claridades que parecen brotar de un averno invisible; vese en el cénit, rodeado de tinieblas, un espacio blanquecino, llamado por los marinos el ojo de la tempestad, como si realmente vieran un dios feroz en el huracán que baja del cielo para ahogarlos y sacudirlos. Cuando entre una tormenta horrible aceptan los marineros la lucha contra los elementos y desafían a la muerte, tratando de salvar con maniobras el bajel desman-

telado, sin mástiles ni velas, ofrecen sublime ejemplo de la grandeza humana.

Entre los efectos causados por ciertos huracanes hay varios que parecerían invisibles si el genio del hombre, por medio de la pólvora y otros fulminantes, no pudiese imprimir al aire rapidez mayor, disponiendo así, aunque en espacios más limitados, de una fuerza destructura superior a la de la tormenta. El 26 de julio de 1825, durante un huracán en Guadalupe, una ráfaga de viento se apoderó de una chapa de más de dos centímetros de espesor, y la hizo atravesar un tronco de palmera de cuarenta centímetros. Otro torbellino que pasó por cerca de Calcuta arrojó un bambú a través de un muro de metro y medio de espesor; es decir, que aquel soplo de aire en dicho punto tenía una fuerza igual a la de un cañón de a seis. En San Thomas, el año 1837, la fortaleza que defiende la entrada del puerto quedó demolida como si la hubieran bombardeado. Han sido arrancados peñascos del fondo del mar a 10 y 12 metros de profundidad y arrojados a la playa. En otros sitios, casas sólidas, arrancadas de sus cimientos, resbalaron por el suelo huyendo de la tempestad. A las orillas del Ganges, en las costas de las Antillas, en Charleston, se ha vida encallarse buques lejos de la costa, en el campo o en los bosques. En 1681, un barco de Antigua fué llevado por encima de los acantilados hasta una altura superior en tres metros a las mareas más altas, y se quedó como un puente entre las puntas de dos peñas. En 1825, durante el gran huracán de Guadalupe, los barcos que se encontraban en la rada de Basse Terre desaparecieron, y uno de los capitanes, salvado de la muerte, contó que su brick había sido aspirado por el huracán, sacado del agua y había "naufragado en el aire", si puede permitirse ese giro. Muebles rotos y otros muchos residuos arrancados de las casas de Guadalupe fueron transportados a Monserrat por encima de un brazo de mar de 80 kilómetros de anchura. Desde las montañas de San Thomas se vió al inmenso torbellino negruzco pasar a lo lejos sobre el mar y las islas de Santa Cruz y Puerto Rico.

El ciclón más terrible de los tiempos modernos ha sido probablemente el del 10 de octubre de 1780, que ha sido denominado especialmente el gran huracán. Salió de las Barbadas, donde no dejó en pie un árbol ni una casa; hizo desaparecer una escuadra inglesa fondeada delante de Santa Lucía, y después asoló completamente esta isla, en la cual quedaron sepultadas entre escombros 6.000 personas. Lanzóse en seguida el torbellino contra la Martinica, envolvió un convoy de transportes franceses y echó a pique más de 40 buques con 4.000 soldados; en tierra fueron completamente arrasadas la población de Saint Pierre y otras varias, en las cuales perecieron 9.000 personas. Más al Norte, la Dominica, San Eustaquio, San Vicente y Puerto Rico quedaron devastados también, y la mayor parte de los barcos que se encontraban en el camino del ciclón zozobraron con sus tripulaciones. Más allá de Puerto Rico, la tempestad se replegó al Noreste hacia las Bermudas, y aunque su violencia se dilataba gradualmente, echó a pique varios barcos ingleses de guerra que volvían a Europa. En las Barbadas, donde el ciclón había empezado su terrible espiral, el viento se había desencadenado con tanto furor, que los habitantes ocultos en las cuevas no oían el estrépito de las casas que se venían abajo; ni siquiera notaron las sacudidas del terremoto que, según Rodney, acompañó al meteoro. La cólera de los hombres fué dominada por la de la Naturaleza. Franceses e ingleses estaban entonces guerreando, y todos aquellos barcos que el mar acababa de tragar iban cargados de soldados dispuestos a degollarse unos a otros. Ante el espectáculo de tanta ruina, se calmaron los odios de los supervivientes. El gobernador de la Martinica hizo poner en libertad a los marineros ingleses que habían quedado prisioneros a consecuencia del gran naufragio, declarando que en la común catástrofe todos los hombres eran hermanos.

II

Velocidad de las masas de aire giratorias.—Velocidad de traslación del ciclón.—Baja de la columna barométrica.—Irregularidades del viento en el contorno del ciclón.

Todavía no se sabe el grado de velocidad que pueden alcanzar las masas de aire arrebatadas por los ciclones, porque el viento tempestuoso ha de llegar a su mayor rapidez en las regiones superiores de la atmósfera, donde el medio ofrece poca resistencia a las corrientes aéreas. De modo que no basta comprobar la marcha de las moléculas de aire que están junto al nivel del suelo o a poca altura para formarse idea de la velocidad con que se mueve la masa atmosférica arrastrada por el huracán. En una de sus ascensiones, Coxwell ha hecho un viaje de 110 kilómetros en 60 minutos, y debajo de él indicaban los instrumentos una velocidad de 23 kilómetros en igual espacio de tiempo. Otra vez, Glaisher viajó con una rapidez de 25 kilómetros por hora, mientras que en el Observatorio de Greenwich la misma masa de aire adelantaba unos 3.200 metros en el mismo tiempo. Grandísima ha de ser, pues, la velocidad del ciclón a cierta altura, cuando en la tierra llena de obstáculos recorre 45 metros por segundo, o sean 162 kilómetros por hora, cuatro veces lo que una locomotora. Esa formidable rapidez del aire en la superficie del Océano y el roce de las moléculas aéreas, que es su consecuencia, explican perfectamente, según observó Cicerón hace 2.000 años, la elevación de la temperatura del agua después de las tempestades.

Enorme es asimismo la presión ejercida por la corriente aérea que se mueve con semejante velocidad. En una Memoria sobre la construcción de faros, Fresnel estimaba que la presión más fuerte del viento equivalía a 275 kilogramos por metro cuadrado, pero en muchos huracanes seguramente habrá sido superada. Sin mencionar los efectos producidos por los grandes ciclones de los trópicos, se han presentado en la zona templada muchos casos en que la presión ejercida por el viento en espacio poco extenso era muy superior a

los previsiones de los meteorólogos. Bastará con citar un ejemplo: la tempestad de 27 de febrero de 1860, procedente del Oeste, precipitándose en la llanura de Narbona por la especie de estrecho por el cual pasan el canal y el ferrocarril del Mediodía, tuvo bastante fuerza para hacer descarrilar y para derribar en parte a los trenes que cogió de lado, entre las estaciones de Salces y Prinssaltes. Según el ingeniero Materien (que realmente da evaluaciones que deben ser exageradas), la presión necesaria para derribar ciertos vagones llegó a 448 kilogramos por metro cuadrado de superficie.

Las masas de aire que giran cerca de la parte central del ciclón son las únicas que llegan a esas velocidades considerables de 100 y 150 kilómetros por hora. El movimiento del conjunto del meteoro en la superficie de la tierra es naturalmente muy lento comparado con el movimiento circular de las moléculas aéreas alrededor de su eje. La velocidad de traslación más considerable que se ha observado es la del huracán de agosto de 1853, que después de haber recorrido 48 kilómetros por hora desde las Antillas hasta el banco de Terranova, aumentó poco a poco su rapidez y acabó por pasar de 90 kilómetros. La mayor parte de los ciclones de las Antillas suelen recorrer 20 ó 30 kilómetros en el mismo espacio de tiempo, pero hay otros (como los tifones de la China) que viajan tan lentamente, que varios autores han pensado que giran sin moverse de un sitio; a fines de febrero de 1845, un huracán que nació cerca de Mauricio recorrió el Océano Índico con una velocidad media de unos 5 kilómetros y medio por hora, mientras un barco, el *Charles Heddles*, colocado a unos 90 kilómetros del eje del torbellino, describía espirales inmensas alrededor de aquel punto movable. En cinco días dió cinco vueltas enteras en medio del mar, y aunque en aquel viaje fantástico recorriera lo menos 2.400 kilómetros, se encontró, al verse libre del abrazo del ciclón, nada más que a 655 kilómetros del punto de partida. El buque había dado vueltas como una peonza en la superficie del Océano. Según Bridet, la velocidad de traslación de los huracanes del Océano

Índico está comprendida entre 1.800 metros y 33 kilómetros por hora.

El movimiento del ciclón abre como un embudo toda la parte central del torbellino y rechaza las masas de aire hacia la circunferencia de la enorme rueda que gira en la atmósfera. En los ríos y hasta en los menores recipientes, los remolinos siempre están deprimidos en el centro por la fuerza centrífuga que arrastra circularmente las aguas. La disminución de la columna aérea se nota en seguida por una disminución correspondiente al peso, y el mercurio empieza a bajar en cuanto se va formando el huracán en las altas regiones de la atmósfera. El meteoro que se aproxima anuncia así su llegada y los amenazados deben ir tomando precauciones, va para salvarse por completo del desastre, va para atenuar sus efectos. Los marinos cuyo buque está anclado en un puerto seguro refuerzan las amarras: los que han fondeado en una rada exterior expuesta al furor de los vientos, como la de la Reunión, se apresuran a obedecer al cañonazo de alarma y huyen a alta mar para alejarse del centro del huracán. El barómetro ha bajado a veces 40, 50 y hasta 60 milímetros y medio, o sea una décima parte de la altura total del mercurio, y cada perturbación no ha dejado de ser la señal de una tormenta, tanto más horrible cuanto más elevado estuviera antes el barómetro. A veces se enrarece la atmósfera tan súbitamente, que el aire contenido en las casas se dilata de pronto, estalla, por decirlo así, y lanza al espacio puertas y ventanas. Fitz Roy dice que en muchas poblaciones se dejan abiertas las habitaciones para precaver esos accidentes.

Se elevan las aguas del mar a una altura más o menos grande, a consecuencia de la disminución de presión atmosférica, y se mueven con el centro del ciclón: se forma así una ola de tormenta cuya fuerza acrecienta la del formidable oleaje levantado por el viento. Durante el huracán de las Barbadas en 1831, las olas que se estrellaban contra el promontorio septentrional de la isla tenían 22 metros de elevación sobre el nivel medio del oleaje; cuando el gran ciclón de Calcuta, en Octubre de 1864, el Hoogly se le-

vantó siete metros en toda la parte inferior de su curso y anegó islas enteras, y más recientemente, cuando devastó el huracán a San Thomas, una ola impulsada por el cclón se precipitó sobre la islilla de Tórtola, produciendo tales estragos que, según una leyenda absurda extendida por el terror, fué destruída toda la isla. Lo cierto es que el agua del mar puede ser aspirada en cantidad mayor o menor por el vacío que se forma en medio del torbellino, porque varias veces, y especialmente en las Barbadas, vió Reid lluvias de agua salada que caían a gran distancia de la orilla en lo interior de la isla, y matar en lagos y arroyos todos los peces de agua dulce que habitaban en ellos.

El movimiento circular de los ciclones no se verifica indistintamente en uno o en otro sentido. Como los fenómenos regulares de los vientos, las grandes perturbaciones atmosféricas se sujetan a leyes, y esos terribles meteoros son aquellos cuya marcha pueden predecir mejor los marinos. En el hemisferio septentrional las tempestades giratorias de los trópicos soplan constantemente del Sur al Norte por el Este y del Norte al Sur por el Oeste; en el hemisferio austral la marcha de los torbellinos va en sentido inverso y las espirales de los vientos se desenvuelven uniformemente por el Sur, el Oeste, el Norte y el Este. Tal es la ley descubierta y aclarada por los trabajos de Reid, de Piddington, de Bridet y de otros sabios. Los vientos de todas partes del horizonte soplan al mismo tiempo en la circunferencia del ciclón; buque hay que se ve perseguido por furioso viento del Este, mientras a 50 kilómetros de distancia otro es echado a pique por el del Oeste. Y durante todo ese tumulto de los elementos en guerra, ocurre a veces que en el mismo centro del huracán la atmósfera permanece completamente tranquila. Paz terrible, silencio formidable reinan en el recinto mudable formado por el torbellino rugiente de la tormenta.

Si el ciclón diera vueltas sin moverse de su sitio, el viento soplaría exactamente en la dirección de la tangente en todo el contorno del meteoró; pero eso no ocurre a consecuencia del doble movimiento que anima al huracán; al

girar, viaja, y por lo tanto, la dirección del viento ha de ser la resultante de las dos fuerzas que lo arrastran. Si el torbellino entero se dirige al Oeste, la velocidad normal del viento tormentoso que sopla en el mismo sentido sobre la periferia del ciclón se aumentará con la velocidad del mismo meteoró; en cambio, el viento que sopla hacia el Este quedará neutralizado en parte, y en todo el contorno del círculo se modificarán direcciones y velocidades siguiendo proporciones establecidas rigurosamente por el cálculo. Esas modificaciones sufridas por los vientos sucesivos del contorno de la tormenta son las que hacen difícil el reconocimiento de los ciclones en las regiones de la zona templada, donde la rapidez de rotación de los meteoros se debilita considerablemente. En los trópicos, donde el torbellino, estrecho aún, conserva su forma primitiva, se observa menos la desigualdad de los vientos parciales del huracán, pero aun es lo bastante para que lo conozcan los marinos. Una mitad del disco de la tempestad es llamada por ellos *semicírculo peligroso* y la otra *semicírculo manejable*. Esa parte del huracán, a la cual hace peligrosa la gran violencia del viento, se encuentra siempre en el lado del ciclón donde el viento corre en el mismo sentido que el meteoró. Esa mitad del disco en que el viento suma su propia velocidad a la del movimiento de traslación está en el hemisferio septentrional a la derecha de la trayectoria del círculo giratorio; en el meridional está a la izquierda.

III

Espiral de los huracanes en los dos hemisferios.—Teoría de los ciclones.—Instrucciones náuticas para evitar el huracán.

A su partida de las regiones tropicales, donde han nacido de la lucha entre alisios y monzones, la mayor parte de los ciclones del Nuevo Mundo empiezan por dirigirse hacia el Noroeste paralelamente a la hilera de las Antillas o a las riberas de Colombia y de América Central y des-

pués, retrocediendo como una bola de billar que gira sobre sí misma en sentido inverso del impulso recibido, corren a lo largo de las costas de los Estados Unidos describiendo en los aires una órbita superpuesta al lecho del *Gulf-Stream*.

En el hemisferio meridional ocurre un fenómeno inverso; los ciclones del Océano Índico nacen al Sur del Indostán, corren al Suroeste hacia la Reunión, Mauricio y Madagascar, después se encorvan bruscamente para dirigirse al Sudeste, hacia los mares antárticos. El movimiento de hélice del viento en ese gran torbellino se verifica del Oeste al Este por el Norte, es decir, en el mismo sentido que el minuterio de un reloj. Es ese un movimiento inverso al que se produce en los huracanes del hemisferio del Norte.

¿Cuál es la causa del torbellino y de dónde procede el cambio brusco que se verifica en su dirección hacia el límite exterior de los alisios? Dove da la siguiente explicación de esos fenómenos:

Cuando en los desiertos de Asia y África enormes cantidades de aire caliente se han elevado a los espacios superiores, esas masas aéreas dilatadas tienen que desahogarse lateralmente. Las que son arrastradas por encima del Atlántico boreal, en dirección al Oeste, contraria al del movimiento del planeta, encuentran la corriente de retorno que va del Suroeste al Noreste en sentido inverso a los alisios. Resulta un conflicto entre dos ríos atmosféricos; propágase un torbellino de aire en espirales hacia el Noroeste como resultante de las dos fuerzas que combaten al mismo tiempo la masa giratoria; buscando su salida, baja oblicuamente hacia la superficie del mar, y comprimida a la derecha por el sople de los alisios, continúa andando hacia el Noroeste. Traspados los trópicos, no se encuentra ya el huracán bajo la presión lateral del viento del Noreste. Tiene el camino libre, delante de sí, y por influjo del movimiento de rotación terrestre, se repliega con graciosa curva hacia el Norte y después hacia el Noreste. Al mismo tiempo, la tormenta que acaba de entrar en la zona templada ensancha gradualmente el diámetro de sus espirales, y por consiguiente, pierde violencia según adelanta hacia el polo. El huracán de 1839,

cuya anchura era de unos 500 kilómetros cerca de las Antillas, se dilató hasta 800 encima del mar de las Bermudas, y hacia el grado 50 de latitud Norte no ocupaba menos de 1.200, pero sus efectos destructores disminuyeron en razón directa de su dilatación. El mismo viento que acaba de arrasarse una ciudad de las Antillas y de romper barcos como si fueran juguetes, se contenta a veces, al llegar a las costas irlandesas, con desarraigar algunos árboles y derribar pedruscos que ya se movían.

Esta teoría propuesta por Dove es al parecer la más probable, a lo menos respecto a los huracanes del Atlántico. Los ciclones del Océano Índico tal vez los cause el conflicto entre los alisios del Sudeste y el monzón que se dirige al continente africano. Bridet los cree el resultado del encuentro de dos vientos, procedente uno del Ecuador y otro del hemisferio austral. El del Ecuador, que participa de la gran velocidad angular de esa parte del globo, se desvía hacia el Este según adelanta hacia el trópico de Capricornio; el viento del Sur, arrebatado con menor rapidez alrededor de la tierra, se desvía en cambio sobre el Oeste, y de ambas desviaciones en sentido inverso resulta, cuando se encuentran los vientos, un movimiento de torbellino en sentido de Este a Oeste por el Sur. Los ciclones del Océano Índico tienen de 400 a 500 kilómetros al principiar su carrera, de 700 a 900 al mediarla y de 900 a 1.100 al terminarla. Su influencia se nota a veces a una distancia de 2.000 kilómetros del eje de la tempestad. Verdad es que alguna vez dos o más ciclones se siguen con poca separación; remolinos laterales acompañan al torbellino principal, así como en la superficie del mar se ven abrirse, a los lados del gran embudo giratorio formado por el encuentro de las aguas contrarias, varios círculos de segundo orden. Bridet ha recogido numerosos ejemplos de esos ciclones simultáneos.

También pueden originar algún huracán obstáculos como mesetas y cordilleras, cuando chocan directamente con ellas masas aéreas. En el golfo de Bengala, cuando se convierte el monzón del Noreste en monzón del Suroeste, éste

tropieza con las montañas de Awacán y a consecuencia de ese choque se produce un ciclón súbito que vuelve hacia el Noroeste y atraviesa todo Bengala y las provincias septentrionales del Indostán hasta el Indukuch. Posible es que los tifones de los mares de la China deban su origen a causas parecidas; en ese caso no son otra cosa que monzones desviados y transformados en huracanes a causa del obstáculo que les oponen las montañas de Filipinas y de Formosa. Por otra parte, todas esas tierras montuosas, de tamaños y formas diferentes, dispersas en aquella parte del Océano Pacífico y separadas unas de otras por estrechos tortuosos y desiguales, han de perturbar extraordinariamente el régimen normal de los vientos y han de originar, por consiguiente, numerosos huracanes y tormentas que suelen confundirse bajo el nombre general de tifones. En cambio, en el Pacífico Oriental, donde los alisios soplan con tanta regularidad, son muy raros los huracanes propiamente dichos. Sólo han sido observados en las costas occidentales de Méjico.

Mientras el ciclón desarrolla sus vastas curvas en las regiones ecuatoriales, el torbellino entero ha de inclinarse hacia delante, porque las capas superiores arrastradas por el huracán encuentran resistencia mucho menor en el aire de la que encuentran las capas inferiores en el suelo y en la superficie del mar. El conjunto de la tormenta puede entonces compararse con una rueda inmensa que gira sobre el globo y que oprime con mayor fuerza a la tierra con su parte anterior. De todos modos, al propagarse en grandes espirales, en las dos zonas templadas del Norte y del Sur, los huracanes sufren gradualmente tales modificaciones en sentido inverso y presentan irregularidades aparentes tan considerables, que al principio parece que obedecen a otras leyes. En lugar de inclinarse hacia adelante, parece que se abre un hueco por esa parte en el torbellino y que se agranda sin cesar. Según lo demuestran más de 300.000 observaciones hechas en el Atlántico Septentrional a bordo de barcos americanos, ingleses y holandeses, cuidadosamente comparadas por Audran y Van Asperen, los vientos

de la región del Norte faltan siempre en las hélices de los ciclones que han pasado del grado 30 de latitud boreal. Según se desarrolla el meteoro hacia el polo, aumenta la zona tranquila del huracán. Los vientos del Este y del Sur disminuyen poco a poco en frecuencia y en intensidad y luego desaparecen completamente. Por último, del grado 50 al 60 de latitud, la rotación aérea del ciclón ya no está representada más por los vientos del Noroeste, del Oeste y del Suroeste. Parece que no queda más que la mitad del huracán. Al Sur del Ecuador se verifican fenómenos semejantes en orden inverso, y cada curva sucesiva de la espiral de las tormentas ofrece en su convexidad meridional un hueco más o menos grande, según la altura de las latitudes.

El hecho de que en el hemisferio septentrional los vientos parciales del huracán sean siempre mas fuertes a la derecha de la trayectoria, y en el hemisferio meridional siempre más fuertes a la izquierda, no basta para explicar ese contraste asombroso entre ambas mitades del disco del ciclón. Audran y otros sabios holandeses han intentado explicar esa anomalía aparente. Juzgado en su conjunto, dicen que el huracán puede ser considerado como un disco que gira rápidamente alrededor de su eje. Su tendencia natural es a moverse sin cesar en el mismo plano de rotación, y únicamente puede inclinarlo en un sentido o en otro la inclinación de una fuerza considerable. Verdad es que su punto de origen, en los mares ecuatoriales, el ciclón se inclina más o menos hacia la parte anterior; pero según se dirige hacia el polo, girando alrededor de un eje ideal que es siempre paralelo a sí mismo, necesariamente ha de inclinarse cada vez más hacia atrás por la curvatura del globo. Mientras la parte meridional del huracán roza las olas o los campos, la otra parte se levanta poco a poco a gran altura en la atmósfera. Pronto los vientos superiores del torbellino aéreo no se notan ya al nivel del suelo y únicamente los indica el descenso de la columna barométrica y por las masas de nubes que huyen por las alturas del cielo. Hacia el grado 50 de latitud al Norte y al Sur del Ecuador, los ciclones, medio

erguidos, ya no rozan con la tierra más que con los vientos del contorno inferior. Esos vientos son los mismos en ambos hemisferios. Soplan igualmente del Noroeste, del Oeste y del Suroeste; pero por cada lado se verifica en sentido inverso el giro.

Piddington, Redfiel, Bridet, Lartigue y otros sabios meteorólogos han trazado a los marineros sorprendidos por el huracán reglas de conducta general que, cuando se siguen a tiempo, pueden salvar al buque amenazado. Advertido por el barómetro de la aproximación del ciclón, el capitán debe guardarse muy bien de huir a toda velocidad delante de la tempestad, llevado de la vana esperanza de escaparse del peligro; procediendo de ese modo, aconsejado por el terror, precisamente iría a meterse en el centro del torbellino y entregaría el buque a todos los furores del viento y el oleaje. Para salvarse del ataque debe maniobrar de modo que se incline oblicuamente hacia la circunferencia del meteoro, todo lo lejos posible de la parte central, donde sopla el viento con toda violencia.

Desgraciadamente, sean cuales fueren la ciencia del marino y su conocimiento de los mares en que navega, difícilísimo le es a veces saber anticipadamente por qué parte le atacarán los vientos y cuál es exactamente la órbita que sigue a través de los mares el centro del ciclón; sin embargo, si vacila demasiado, puede hallarse de pronto en el círculo fatal y perderse con su buque por haberle faltado la audacia necesaria. En las altas latitudes del Océano, es más fácil tomar una decisión y escaparse del ciclón, porque el mar está abierto en dirección al polo y el marino no puede temer el verse completamente encerrado en medio de un círculo de tempestades. Detrás de él, la parte inferior de la inmensa rueda surca las olas; delante de él, el Océano está libre, o a lo menos los vientos que recorren su superficie son producidos por causas locales y no pertenecen al terrible meteoro. Únicamente, y con raros intervalos, la parte superior del ciclón se dobla contra la superficie del agua por violentas contracorrientes atmosféricas procedentes de las re-

giones polares. En trece años, los sabios holandeses no han observado más que dos casos de esta naturaleza.

Los mismos huracanes, como las otras manifestaciones de la vida del globo, tienen una marcha regular, y los matemáticos pueden tratar de calcular por la redondez terrestre la órbita de esos espantosos meteoros. Las tempestades giratorias se propagan desde la zona ecuatorial hasta las regiones templadas, sujetándose a ciertas leyes y siguiendo hélices trazadas anticipadamente. Lejos de perturbar de un modo permanente el aire con sus violentas espirales, sólo se producen para restablecer el equilibrio entre las ondas desiguales del océano atmosférico. Ayudan también, unidas a los monzones y contraalisios, a sostener el equilibrio astronómico del planeta. Como hizo notar Dove, el roce continuo de los vientos alisios, que la rotación terrestre hace desviarse constantemente hacia el Oeste, acabaría indudablemente por retrasar el movimiento del globo alrededor de su eje, si otras corrientes aéreas, dirigidas en sentido inverso, no compensaran las causas del retraso acelerando la rotación de la tierra de Occidente a Oriente. Por débil que sea el soplo de viento comparado con la fuerza de proyección que hace girar al planeta, no deja de contribuir a los movimientos del globo y a sus armoniosas vueltas en el concierto de los astros.

IV

Remolinos de las tempestades.—Las trombas

Los movimientos atmosféricos llamados tempestades o ventarrones por los marinos, difieren por los ciclones por su débil intensidad, pero son más numerosos. En ciertos parajes del Océano, especialmente en el Atlántico del Norte, son tan frecuentes, que durante algunos meses del año puede suponerse que habrá uno cada dos días. Todos esos ventarrones se propagan en espirales análogas a las de los huracanes. Tempestades de invierno o borrascas de estío,

tienen su nacimiento a la derecha o a la izquierda de la corriente del Golfo (*Gulf-Stream*) y se desenvuelven en giros necesitados por el mismo movimiento de la tierra. También hay ciclones locales que giran sobre una sola comarca, como Francia o Inglaterra, y hasta encima de un solo valle. Podríamos citar numerosos ejemplos de esas tempestades giratorias que en un espacio limitado no han hecho menores estragos que los huracanes de las Antillas. Muchas veces, cuando miramos al cielo por encima de nuestras cabezas, vemos revoletear las nubes por impulso de dos corrientes enemigas y aproximarse unas a otras para alejarse otra vez; pero cuando se sube uno a una montaña puede asistir al curioso espectáculo que presenta la lucha de dos masas de aire que se abisman en un valle y describen un remolino más o menos rápido con sus nubes o sus nieblas. Desde lo alto de los promontorios de los Pirineos, el meteorólogo Lartigue ha contemplado un gran número de esos vientos circulares, semejantes a los círculos que describe el agua de un río más arriba de un peñasco.

Las propiamente llamadas trombas son fenómenos de poca importancia comparadas con los ciclones, pero lo mismo que estos grandes meteoros, son debidas al encuentro de las masas de aire más o menos considerables que chocan oblicuamente. No giran de un modo uniforme en sentido invariable para cada hemisferio, porque no las origina, como los huracanes, una lucha de dos vientos regulares, y pueden nacer del choque de dos corrientes de aire, normales o variables, que recorren la superficie de la tierra. Algunos observadores han visto en las mismas regiones trombas que giraban de Norte a Sur, pasando unas por el Oeste y otras por el Este. Durante una tempestad debe formarse a cada lado del río aéreo (como en los bordes de una corriente fluvial) una serie de remolinos que giren en sentido contrario, y a veces con velocidad suficiente para merecer el nombre de trombas. En pleno torbellino del ciclón, el choque de las ráfagas ha de producir también remolinos secundarios que se muevan con gran velocidad, ya en un sentido, ya en otro. De otro modo no se podría

comprender cómo en el mismo centro de un huracán los efectos producidos por los vientos difieren tanto en un espacio de poca extensión. Según Reid, se ha comprobado muchas veces que durante los ciclones de Mauricio, casas muy altas casi derruidas resistían perfectamente a la tempestad, cuando construcciones sólidas muy próximas a aquéllas eran completamente demolidas.

A veces se propagan las trombas aisladas con rapidez tan grande como los huracanes y pueden ocasionar análogos estragos. La tromba que pasó por Malannay y Monville el 19 de agosto de 1845, no abarcaba más de 30 ó 40 metros en ciertos lugares, y en su mayor anchura alcanzó medio kilómetro, a pesar de lo cual ocasionó terribles daños y los habitantes de aquella parte de Normandía conservarán mucho tiempo penoso recuerdo de ella. Sobre la una de la tarde, después de un día sofocante, durante el cual la columna barométrica cayó súbitamente desde 760 milímetros a 705, vieron unos marineros formarse la tromba en el Sena, al pie de los altos acantilados de Cantelen. Semejante a una pirámide invertida, negruzca en la base y roja en la cima, la tromba rozó las aguas con la punta y luego se lanzó al valle de Maromme. No adelantaba en línea recta, ni con curvas alargadas, sino con brascas desviaciones a la derecha y a la izquierda, semejante al zigzag de los relámpagos; encontraba bosques a su paso, en los cuales se abrió ancho camino por encima de los árboles derribados, triturados, hechos polvo, y luego, atacando sucesivamente tres grandes fábricas de hilados de Monville, las retorció en sus espirales y las demolió. Después de haber amontonado todas aquellas ruinas bajo las cuales perecieron centenares de obreros, la tromba hizo grandes destrozos en la meseta de Cleves, en seguida se bifurcó y remontó al espacio, llevándose consigo objetos de todas clases, como tablones, pizarras, papeles, etc., que cayeron cerca de Dieppe, a distancias variables de 25 a 38 kilómetros del lugar de la catástrofe. Es evidente, según todos los relatos, que la electricidad ha representado gran papel en la tromba de Monville.

Compréndese que estos meteoros produzcan efectos diferentes, según la región que atraviesan. Los que pasan por encima de bosques destrozan los árboles o los retuercen. Otros, que recorren grandes praderas, como las Pampas de Buenos Aires, las estepas del Turquestán y las comarcas llenas de hierbas del África Central, arrebatan en su torbellino millares de langostas y las llevan, ya a otras partes del continente, donde esos insectos devoran en un abrir y cerrar de ojos todos los cultivos, o al Océano, que se los traga; y a veces encuentran los navegantes, a distancias considerables de la costa de África, verdaderas nubes de aquellos bichos, que las tormentas han arrebatado del suelo y entregado luego a los vientos alisios del Nordeste.

En los empolvados desiertos del Sahara, de Arabia, del Khorassan, de la India, de la América del Sur, los vientos levantan enormes cantidades de polvo y las hacen girar por el espacio. En Buenos Aires las trombas de 1805 y de marzo de 1866 han sido bastante poderosas para volver la atmósfera tan oscura como la noche y para ahogar a los transeúntes por las calles; después del paso del meteoro la lluvia que caía era, más que de agua, de barro. A veces los montones de polvo son columnas que giran sobre sí mismas, dando inmensas vueltas, como genios del aire; a veces son también enormes cúpulas que giran por los espacios, cubriendo centenares y hasta millares de metros de anchura y desenvuelven sus elipses durante días enteros hasta grandes distancias. Esas trombas vuelven la atmósfera completamente oscura e irrespirable; para no ahogarse, los viajeros se ven obligados a encerrarse apresuradamente en su tienda o a precipitarse de cara contra el suelo, para formarse contra la tormenta de arena una muralla con su propio cuerpo. Al mismo tiempo el roce de todos esos granos de polvo, girando unos alrededor de otros, desprenden de una manera continua verdaderos torrentes de electricidad. Encima de la tromba se ciernen en corro las grandes aves de rapiña, ya porque quieren gozar del equilibrio atmosférico restablecido por la tormenta, ya porque varios

animalillos que les sirven de alimento van arrastrados por el torbellino.

En los países montañosos las trombas no pueden levantar ni torbellinos de animalillos ni masas de polvo, pero arrastran por el espacio aquellos cohetes de nieve tan dañosos para los viajeros sorprendidos. Además mueven los pedruscos, los residuos de esquisto, de egnesia, de granito, y los hacen girar, viajando rápidamente con las corrientes aéreas que chocan unas contra otras. El geólogo Therbald ha visto trombas de piedras que no tenían menos de 15 a 18 metros de anchura; no es imposible que ciertos montones de residuos de esquistos, semejantes a hacinaamientos levantados por la mano del hombre, hayan sido edificadas por los torbellinos del viento.

Las trombas marinas son meteoros de la misma naturaleza que las terrestres y también han de levantar las partículas móviles de la superficie que recorren; a veces se hincha el agua y se eleva formando borbotones en el vacío producido en medio de la tromba por la atracción del aire hacia la circunferencia. Digan lo que quieran los relatos populares, es muy raro que el agua sea llevada hasta las nubes bajas que pesan sobre el mar y vaya a caer como un diluvio a gran distancia; sin embargo, las olas de agua salada que se derraman a lo lejos en las tierras durante los huracanes demuestran que ese fenómeno no es imposible, y que masas líquidas (y no sólo vapores o gotitas dispersas) pueden ser aspiradas por la especie de chimenea que forma el meteoro. Dícese que algunos barcos amenazados por una tromba han logrado destruir a cañonazos esa columna móvil de vapor y restablecer el equilibrio atmosférico, pero cuando es la tromba de dimensiones considerables, el paso de una bala de cañón a través de los vapores arremolinados ha de ser de resultados muy pasajeros. Además, una tromba no puede ser un fenómeno aislado; casi siempre se relaciona con una tempestad que no puede ser evitada por el barco. Generalmente también, la influencia de los remolinos aéreos se nota a gran distancia de su

contorno aparente. A veces ha roto el viento palos de los barcos, cuando sobre cubierta no se notaba ningún movimiento violento de la atmósfera y parecía lejano el torbellino.

Desgraciadamente (forzoso es decirlo), las trombas son los meteoros que menos se han estudiado, y sin embargo, lo cierto es que un conocimiento profundo de los diversos fenómenos que se llevan a cabo en la formación de esos débiles remolinos aéreos haría entender mejor los vastos torbellinos de los ciclones, todo el sistema de los vientos y también quizá el movimiento de los astros en el cielo y la rotación de las nebulosas. Así como la embriogenia ha contribuido más que cualquier otro estudio al desarrollo de las ciencias antropológicas, del mismo modo, siguiendo desde el origen de su movimiento la molécula del aire que se arremolina en el espacio, podremos explicar con mayor claridad y precisión los grandes hechos relativos a la circulación de los aires y hasta de los cuerpos celestes. Mientras el astrónomo se empeña en comprender algún ciclo prodigioso de los astros, harto vasto para su mirada y su pensamiento, tal vez muy cerca de él un remolino de hojas o de polvo, cuyo examen desdeña el sabio, encierra en sus espirales la solución del gran problema.

CAPÍTULO III

NUBES Y LLUVIAS

I

El vapor de agua.—La humedad del aire.—La humedad absoluta y la humedad relativa

EL aire que se mueve y se mezcla sin cesar en la superficie de la tierra en brisas o en tempestades, en trombas o en ciclones, es al mismo tiempo el gran agente para la distribución del vapor de agua. Gracias al movimiento de cambio que se establece entre uno y otro polo, entre todas las regiones de la atmósfera, el agua que se evapora de los océanos, de los ríos, de los lagos interiores, se reparte por encima de todas las comarcas del globo y hasta por los desiertos; mientras el mar líquido no rodea más que una parte de la tierra, otro mar, llevado por las capas aéreas, flota invisible sobre la redondez del planeta.

Encima de toda masa de agua, y hasta encima del hielo, siempre se forma vapor, con tal que el aire no esté ya saturado de él, es decir, que no contenga exactamente la cantidad con la cual puede mezclarse sin que haya precipitado de humedad. Ese límite de saturación varía con la temperatura. A 20° bajo cero, un metro cúbico de aire no puede contener más de un gramo de vapor; a la temperatura del hielo derretido puede recibir más de 5 gramos de humedad; de 10 a 30°, el número de gramos de humedad que absorbe corresponde próximamente a las divisiones de la escala

termométrica, pero más allá de 30°, la capacidad de aire para el vapor de agua aumenta con mucha mayor rapidez. A 100° la atmósfera puede absorber hasta su propio volumen; la tensión del agua se hace igual a la del aire y el fenómeno de la ebullición se verifica, es decir, que el vapor en ebullición levanta toda la columna atmosférica situada encima.

El vapor aumenta en la atmósfera en razón directa del crecimiento de la temperatura; ese es el verdadero sentido del refrán vulgar que atribuye al sol la facultad de aspirar las aguas del mar para formar nubes con ellas. De todos modos, un simple aumento de calor atmosférico sobre dos masas de agua de temperatura igual no implica necesariamente la producción de una misma cantidad de vapor; la agitación del aire es también un elemento importante para activar la evaporación. En efecto, si la atmósfera está perfectamente tranquila, la parte que descansa en el agua, saturada pronto de humedad, no podrá absorber otra nueva; pero si la capa aérea, llena ya de vapor, es arrebatada por el viento y sustituida por una nueva capa de aire seco, ésta tomará igualmente su parte de humedad y luego las que sigan se saturarán a su vez, y el fenómeno de la evaporación se verificará tanto más rápidamente cuanto más violenta sea la corriente de aire. Ya se sabe con cuánta velocidad endurece los campos y los caminos húmedos un viento seco. Parece que lame el suelo, por lo de prisa que desaparecen los charcos.

Después de haber facilitado así la evaporación en las masas de agua y las partes húmedas de los continentes, los vientos transportan el vapor a las diversas comarcas de la tierra y lo mezclan con el aire seco, de modo que en ninguna parte, ni siquiera a millares de kilómetros del Océano, está el aire completamente desprovisto de humedad; compréndese, sin embargo, que la cantidad de vapor no está distribuida de manera uniforme. En alta mar, las masas aéreas están cerca muy cerca del punto de saturación, hasta cuando las nubes no amenazan verter lluvia, y por consiguiente, el vapor contenido en la atmósfera marítima dis-

minuye con bastante regularidad del Ecuador hacia los polos, siguiendo las curvas isotermas. En las riberas bañadas por el aire húmedo de los océanos, la proporción del vapor de agua decrece igualmente de un modo normal a ambos lados del Ecuador; pero en lo interior de los continentes, donde la distribución de los lagos, de ríos y de montañas ofrece una gran diversidad, y donde los vientos siguen tan distintos caminos, el vapor atmosférico se reparte también con mucha desigualdad. Mientras encima de Inglaterra y de Irlanda el aire está casi siempre saturado de vapor o muy próximo al punto de saturación, en las estepas del Asia Central está muy seco y no puede contener más que 15 ó 20 por 100 del vapor que podría absorber. Por término medio la atmósfera de los continentes contiene los tres quintos de la humedad que recibiría si estuviera completamente saturada en toda su extensión. Esa proporción es la que la superficie de los océanos o cuencas de evaporación, comparada con la de las tierras emergentes, habría hecho admitir anticipadamente.

Cuando la atmósfera contiene toda la humedad que tolera su temperatura, la menor molécula de vapor que se le añada basta para determinar la precipitación, en forma de gotas, de una parte del agua evaporada; entonces se produce una niebla o una nube y comienza la lluvia. Además, como varía el punto de saturación en cualquier país y estación según las oscilaciones del calor y del frío, resulta que una misma cantidad de vapor de agua contenida en la atmósfera no determina la formación de la lluvia en dos temperaturas diferentes. La misma proporción de humedad que durante el invierno satura completamente el aire frío y cae al suelo convertida en nieve, sería escasísima en la atmósfera calentada del verano y la masa aérea que la contuviera dejaría impresión de sequedad; del mismo modo hay viento, como el *siroco*, que es seco en un país cálido como Berbería y es húmedo en las frías montañas de los Alpes. Hay que distinguir la humedad absoluta y la relativa; la primera puede crecer gradualmente y la segunda disminuye, y aunque el aire contenga entonces una proporción

de vapor atmosférico cada vez mayor, parece que va desecándose poco a poco.

Eso es lo que suele ocurrir todos los días, según resulta de las prolongadas observaciones que el meteorólogo Kamtz ha hecho. Por la mañana, al salir el sol, la temperatura de la atmósfera es muy baja y el aire se aproxima a esa hora o algo más tarde (por los vapores del suelo) al punto de saturación. Según van creciendo el calor y la humedad absoluta, disminuye la humedad relativa, y después vuelve a aumentar cuando el sol declina en el horizonte y desciende la temperatura. Ese es el contraste que se observa de un modo normal en los países templados de la Europa occidental. Cuando se presenta el fenómeno inverso, débese la causa a alguna gran perturbación atmosférica, pero las oscilaciones regulares de la humedad tardan poco en restablecerse. Las únicas regiones donde el aire se aproxima al punto de saturación a las horas más cálidas del día, son las altas cimas, hacia las cuales se elevan los vapores de la llanura. Mientras en Suiza al pie de las montañas la humedad relativa es, por término medio, mucho menor por la tarde que por la mañana, ocurre un fenómeno exactamente contrario en el Faulhorn, cuya cúspide suele estar rodeada de nubes.

Durante las diversas estaciones del año, cuyas variaciones sucesivas se producen en mayor escala las del día, la humedad absoluta y la humedad relativa del aire presentan el mismo contraste que en los períodos correspondientes de un espacio de 24 horas; según crece el calor y se aumenta la cantidad de vapor de agua, el aire se aleja del punto de saturación, y por consiguiente parece que se hace más seco cada vez. Toda variación de temperatura, todo cambio de viento modifica, ya en graduaciones lentas, ya por sacudidas bruscas, la cantidad de vapor de agua; la sequedad, la humedad, la saturación, se suceden rápidamente; a veces, en un sólo día, llueve y aclara muchísimas veces; muy complicadas serían entonces las curvas destinadas a representar el estado higrométrico de la atmósfera.

II

Formación de nieblas y nubes.—Altura, espesor, forma y aspecto de las nubes

Cuando una masa de aire húmedo que descansa sobre el suelo excede el punto de saturación, cierta parte del vapor se condensa en seguida en gotitas blanquecinas, que por ser muchas velan u ocultan completamente los objetos y no dejan pasar más que una claridad pálida; esas gotas innumerables constituyen la niebla. Son nubes unidas todavía a la tierra que se arrastran por los campos o las pendientes de las montañas; se forman sobre todo durante la noche, a causa del enfriamiento de la atmósfera; a veces también se elevan por la tarde de las superficies pantanosas y de las praderas húmedas. Cuando baja un viento frío de las alturas del aire y retiene la humedad en las capas inferiores, la niebla se hace permanente y puede durar días y semanas enteras. Frecuentemente conserva el cielo su pureza a poca elevación por cima de esos vapores y desde lo alto de un promontorio que esté al aire libre se puede contemplar a los pies del observador un gran mar blanco, del cual surgen, como islas, las cumbres de las colinas.

Las nubes propiamente dichas son nieblas que, en vez de permanecer adheridas al suelo, flotan suspendidas en las capas aéreas a alturas variables encima de la tierra. ¿Cuál es la causa de que los vapores proporcionados a la atmósfera por la superficie de las aguas suban así por el espacio y se interpongan en forma de bóveda entre la redondez del globo y la inmensidad del cielo? Ese es el problema que se presenta naturalmente a todos los espíritus aficionados a saber, y que ha dado asunto a muchas fábulas mitológicas. Los descubrimientos de la física moderna han resuelto esa gran dificultad de una manera general; no quedan por dilucidar más que algunos puntos secundarios.

A consecuencia del descubrimiento gradual que experimenta generalmente la temperatura de las capas aéreas superpuestas, el peso del vapor atmosférico es mucho menos

considerable en las altas regiones que cerca de la tierra. Resulta de eso que la fuerza elástica de la humedad contenida en la capa inferior del aire no está equilibrada por la presión de todas las partículas de igual naturaleza situadas encima. El vapor de agua de abajo se eleva hacia los espacios superiores como el corcho a la superficie del mar, hasta que por último haya penetrado en una región de aire más fría, donde encuentra su punto de saturación y se condensa en gotitas. Cada nube que vemos en el cielo no es más que la cumbre visible (según Tyndall) de una columna ascendente de vapor que se yergue en la atmósfera transparente. Las moléculas de vapor condensado empiezan por ser muy tenues, pero el aire nunca está en reposo y las gotas, llevadas a derecha e izquierda por las corrientes parciales, se encuentran y se juntan, formando glóbulos más considerables. Según establecieron las medidas de Kamtz, el diámetro de las primeras moléculas líquidas es por término medio tan escaso, que se necesitarían 25 ó 30 para formar el espesor de un milímetro; pero centenares y millares de ellas, empujadas unas contra otras, se juntan en gotas más o menos grandes, y cuando la lluvia llega al suelo, algunas tienen medio centímetro o más de ancho. Mientras son finas y ligeras como el polvo, juegan con ellas las corrientes aéreas, que las levantan, las recogen al caer y las llevan muy lejos. Las nubes de vapor son llevadas por el espacio como los torbellinos de arena de las llanuras, que pesan mucho más. Luego, cuando las gotas, acrecentadas sin cesar con la unión de las gotitas que chorrean unas con otras, pesan demasiado para ser arrebatadas como el polvo, caen oblicuamente al suelo. Según la temperatura, la fuerza del viento, el espesor de las nubes, son lluvias finas, chaparrones o diluvios verdaderos.

Hasta cuando la atmósfera parece estar perfectamente tranquila y no sopla ninguna brisa en el espacio, sucede a veces que las nubes no dejan de estar a gran altura, como si fueran más ligeras que el aire ambiente, y es que se produce entonces en el espesor de las nubes y en los vapores invisibles situados debajo un juego alternativo y continuo

de condensación y evaporación. Las gotas de lluvia, formadas ya, caen realmente de la nube, pero en las capas inferiores, que están todavía sin saturar, se evaporan de nuevo; suben por segunda vez hacia la nube más fría, se condensan inmediatamente, y por lo tanto vuelven a bajar en perpetuo vaivén de moléculas de vapor, visibles durante su caída, invisibles durante su ascensión, se establecen sobre la cara inferior de la nube, que cambia de dimensiones y de forma siguiendo las menores variaciones de temperatura. Si el calor aumenta, la nube se irá reduciendo; si el aire se enfría, la nebulosa de gotas aumentará en seguida de volumen. Pocos espectáculos serán tan hermosos como el que presentan en una tranquila tarde de verano las nubes que se van formando y disolviendo en las azules extensiones del cielo. Empieza por verse un sencillo copo de vapor semejante a un ave blanca que se cierne en el espacio, pero ese copo crece, se extiende y lo rodean rastros indecisos; ya es nube semi-transparente, que permite ver lo azul del aire a través de sus desgarrones; después, un nubarrón que desenvuelve anchos rollos por la redondez celeste. Si se contempla al cabo de algunos momentos, se verá que ha cambiado la nube de forma; ya se ha dividido en numerosos fragmentos que se achican, se recortan, se diseminan, se derriten y desaparecen; créese verlas todavía, pero esa visión es ilusoria; El cielo ha recobrado su color. En cambio, otras veces, la primera nube que se ha visto nacer no permanece aislada; nuevos hacinamientos de vapores se condensan a su alrededor; el espacio se va poblando de nubes flotantes que se aproximan, se juntan, se aglomeran, y el cielo, que parecía completamente libre de vapores, presenta por todas partes una espesa capa de nubes formada por el enfriamiento de la atmósfera y la condensación de las moléculas de humedad.

La altura a que se forman y sostienen las nubes varía en todas las estaciones y en todos los países según la temperatura y la dirección de los vientos. Las hay, sobre todo entre las nubes perseguidas por las tormentas, que rozan los tejados y las copas de los árboles; otras se ciernen a

muchos centenares de metros de elevación; otras están al nivel de las cumbres más altas de las montañas, y todos los aeronautas que en sus ascensiones han pasado de esas cúspides, han visto capas de nubes muy por encima de ellos. Liais ha calculado que la altura del conjunto de nubes más elevado, cuyas dimensiones tomó astronómicamente, era de 11.540 metros; esa elevación es 3.000 metros más alta que la del monte más colosal de la tierra, y sin duda ninguna, muchas nubes se elevan más en las capas superiores de la atmósfera. La elevación media de la zona donde se condensan los vapores parece que en las comarcas europeas oscila entre 2.000 y 3.000 metros; de modo que es más elevada que los Vosgos y los montes de Auvernia, y únicamente la dominan los Pirineos y los Alpes; además, esa zona tiene que ser variable con los cambios de temperatura, más elevada en verano, más fría en invierno.

El espesor de las capas de nubes es tan vario como la altura a que se condensan los vapores. Desde el tenue y transparente velo que deja pasar la claridad de los astros hasta esos enormes montones superpuestos en estratos de 5.000 metros, como los que Barral y Bixir atravesaron en 1850, existen nubes de todas las dimensiones verticales. El término medio de 48 medidas hechas por Peyties en los Pirineos, en el espesor de las capas de nubes, fué de 450 a 500 metros. Según Piazzzi Smith, ese espesor suele ser de 300 metros alrededor de la isla de Tenerife, donde los fenómenos meteorológicos presentan generalmente gran regularidad. Además, suele ocurrir que varias hiladas de nubes se escalonan de distancia en distancia en las alturas del cielo y el espesor total de las masas de vapor condensadas encima de un mismo punto de la tierra se aumenta a proporción. A veces, esas superposiciones de nubes se deben a las corrientes y contracorrientes aéreas que soplan desde puntos opuestos a diversas alturas, pero también estando el aire perfectamente tranquilo se ven superponerse verticalmente en la atmósfera esos escalonamientos de nubes, y es que, formada ya la capa más baja, constituye para los espacios superiores una especie de mar cuya humedad se evapora a los rayos del

sol, como la del Océano y los lagos situados debajo de ella. Convertida así la humedad en vapores indivisibles, se condensa en el aire más frío a cierta altura y forma un segundo estrato de nubes, que a su vez da origen a otra capa más elevada.

A consecuencia de la diferencia de medios en que se refrigeran los vapores, las nubes toman las más diversas apariencias en las tierras, en los mares y en los ríos. Dícese que los pieles rojas, observadores sagaces de todos los fenómenos de la Naturaleza, sabían conocer de lejos el curso del Mississipí (cuando recorrían las llanuras centrales de América del Norte) en la forma de las nubes que se extendían por encima del río en estratos alargados. De todos modos, en el contorno de las islas del Océano es donde mejor puede observarse la diferencia entre las nubes terrestres y las nubes marítimas. En Tenerife, el contraste se verifica de la manera más notable. En verano, la gran masa blanquecina de las nubes que los vientos alisios desenvuelven por el espacio se despliega con uniformidad encima de todos los espacios oceánicos, pero en tiempo tranquilo ese lecho de nubes termina a cierta distancia del pico de Teide en una especie de acantilados de 200 a 300 metros de elevación. Dentro de ese círculo formado por las nubes oceánicas, la tierra se rodea de su propia zona de vapores humeantes; éstos, mucho más bajos que las grandes nubes del mar, se adhieren a las pendientes como largos flecos animados de un movimiento muy diferente del de la zona exterior y distintos por el color y la forma de las volutas. Piazzi Smith, que durante meses enteros ha podido estudiar desde arriba los fenómenos de estas diversas capas, compara las nubes terrestres de Tenerife con aquellos hielos, terrestres también, que se forman alrededor de las islas y los continentes polares y constituyen una plataforma sólida, mientras los bancos de hielo de alta mar se quiebran por el esfuerzo de las corrientes y son arrebatados y hecho trizas.

Los meteorólogos han tratado de clasificar las nubes en diversas categorías según su apariencia exterior, pero es esa una empresa muy difícil por la infinita variedad de formas

y la extraordinaria movilidad de los montones de vapores que se ciernen en el cielo. Sin embargo, generalmente se ha adoptado la clasificación de Howard, que divide las nubes en tres grandes tipos: el *cirrus*, el *cumulus* y el *stratus*, que suelen mezclarse entre sí de diversos modos y producen también combinaciones secundarias, llamadas *cirro-cumulus*, *cirro-stratus* y *cumulo-stratus*. Esas divisiones son muy convencionales, y cada meteorólogo podría modificarlas a su gusto. Fitz Roy añade más bien variedades a los tipos y subtipos de nubes indicados por Howard.

Los *cirrus* son nubecillas blancas y finas como lana cardada o como barbas de pluma, y siempre se ven muy altos en el cielo; según Kamtz, su altura media es inferior a 6.500 metros; encima de las montañas más altas y de los espacios más elevados alcanzados por los aeronautas se encuentran las nubecillas alineadas en hileras paralelas, siguiendo la misma dirección que los alisios o contraalisios, lo cual indica la regularidad de las corrientes aéreas en las alturas de la atmósfera. Los *cirrus* están formados por partículas de hielo, según han podido comprobar los físicos por los fenómenos luminosos de reflexión y refracción que en ellas se verifican. Cuando baja el *cirrus* y se derriten los cristales de hielo, va modificándose el aspecto de la nube, que se convierte en *cirro-stratus* o *cirro-cumulus*; en el primer caso se mezclan y confunden sus ligeros cohetes en una masa como de algodón y cenicienta, pronóstico de próxima lluvia; en el segundo, llénase el cielo de esas nubecillas aborregadas que con el contraste dan tan admirable matiz al color azul del cielo. Según las leyendas populares, son esas nubes rebaños de ovejas que pacen en los espacios aéreos.

El *cumulus*, llamado por los marinos bala de algodón, se distingue del *cirrus* por el origen tanto como por el aspecto; en vez de haber sido traído de apartadas regiones por los vientos elevados, generalmente ha sido formado en el mismo sitio donde se encuentra por la condensación de columnas ascendentes de vapor. Vense esas nubes amontonarse al borde del horizonte como enormes rollos de contor-

nos bien definidos. Parecen a veces cordilleras gigantescas, cuyas cimas blancas y redondas resaltan sobre el intenso azul del cielo. Su fase es horizontal casi siempre y se extiende con amplitud en poderoso cimientó, indicando exactamente la zona del espacio donde los vapores invisibles procedentes de abajo se han condensado en niebla. El pesado *cumulus*, cargado de enorme peso de humedad, nunca se eleva a la misma altura que el *cirrus*, y no suele pasar de 3.000 metros de elevación; el más alto de los que midió Liais estaba a 3.100. Mézclase diversamente, ya con los *cirrus*, ya con los *stratus*, es decir con esas fajas de nubes dispuestas en el cielo como largos rastros o estratos paralelos; esa forma es la que suelen presentar las nieblas al desprenderse del suelo, pero debemos añadir que las nubes más diferentes en realidad se asemejan al *stratus* cuando se las ve en perspectiva en el lejano horizonte. El *nimbus*, del cual han querido hacer un tipo especial algunos meteorólogos, es una nube de lluvia que se despliega por el cielo y se convierte en chaparrón.

Por la maravillosa diversidad de sus formas, son las nubes una de las grandes bellezas de la atmósfera. Entre todas las imágenes formidables o graciosas que puede soñar la fantasía del hombre, no hay una que no se encuentre en los vapores del espacio; por sus contornos fugitivos, asemejanse las nubes a bandadas de pájaros, a águilas con las alas desplegadas, a grupos de animales, a gigantes acostados, a monstruos fabulosos. Otras nubes son como cordilleras de nevadas cumbres; otras como ciudades inmensas de doradas cúpulas. Ven los poetas en esos grupos archipiélagos lejanos donde se encuentra aquella dicha tan buscada, que en la tierra no existe; los pueblos supersticiosos, perseguidos a veces por el furor de sus propios crímenes, las consideran como montones de armas, caballos de guerra, batallas campales y matanzas. Los juegos de la luz, en ese mundo fantástico de las nubes, acrecientan la asombrosa variedad; en esos cuerpos flotantes brillan todos los matices imaginables, desde el color blanco de la nieve hasta el color rojo del fuego; el sol los colorea sucesivamente con

todos los tonos graduados de la aurora, del día y del crepúsculo; se reflejan las praderas y los bosques con sus tonos verdosos y se reproduce el mismo mar con cierta vaguedad, con un color de brillo metálico, que recuerda el del cobre o el acero.

III

Influencia de los vientos en la formación de la nieve y la lluvia.—Reparto de lluvias en llanuras y montañas.

Toda capa aérea que encierra vapor de agua más allá del punto de saturación, forzosamente ha de dejar caer al suelo cierta cantidad de las gotas que constituyen la nube. Si el aire estuviera perfectamente tranquilo, la humedad se precipitaría siempre de una manera lenta y continua; la tierra, envuelta en una bruma constante, nunca sería regada por lluvias fuertes. Sin embargo, en todos los países del mundo las nubes y las lluvias suceden al buen tiempo y éste a aquéllas, gracias a los vientos que se encuentran en el espacio y mezclan diversamente el aire y la humedad; ellos limpian la atmósfera de la superabundancia de los vapores y determinan la formación de esas lluvias súbitas que dan mayor rapidez a la circulación de las aguas y al movimiento general de la vida en la superficie del globo. Efectivamente, cuando dos masas aéreas calentadas de un modo desigual chocan y se mezclan, la temperatura del aire más caliente baja de pronto; por lo tanto, disminuye su capacidad para el vapor, y la humedad que contiene ha de convertirse en lluvia. Verdad es que en cambio el viento más frío se calienta y se satura de mayor humedad, pero no hay compensación, porque el punto de saturación de las capas aéreas no es exactamente proporcional a las temperaturas; si al mezclarse las dos masas toman una temperatura media entre ambos extremos, la capacidad para el vapor se encuentra disminuida relativamente con inferiori-

dad a ese término medio. De ahí el efecto inmediato de precipitación que suele verificarse al ocurrir el conflicto de los vientos, y especialmente al mezclarse los contraalios ecuatoriales cargados de humedad, con los vientos fríos procedentes del polo. Entonces se ve amontonarse a las nubes tan rápidamente en el cielo para caer de pronto en violentos chaparrones; basta a veces con pocas horas o con pocos minutos para que la azul extensión del cielo donde acaban de encontrarse los dos vientos quede oculta por las oscuras volutas de las nubes tormentosas.

En el Observatorio de París se ha comprobado que la cantidad de lluvia que cae en la azotea del edificio a 28 metros de altura, es siempre inferior a la recogida en los patios situados más abajo. Y es que al atravesar las capas atmosféricas saturadas de humedad, cada gota va creciendo en el camino al sumarse con otras gotitas dispersas y lleva continuamente a la tierra la humedad pluvial que se evapora. Tal vez debamos ver en ese crecimiento de precipitación un hecho local y atribuirlo en gran parte a un remolino de las gotitas en la especie de embudo formado por los patios de los edificios. En París, la diferencia entre las cantidades respectivas de lluvia que caen en las azoteas y en los patios, es de unos 60 milímetros; en lo alto de los edificios, la faja anual de agua de lluvia es de 500 milímetros y en la base suele ser de 560. En Berlín, las respectivas cantidades de agua pluvial caída en los techos y en los patios del Observatorio son algo más escasas, pero la diferencia viene a ser de una novena parte.

No hay que deducir de estos hechos que las lluvias sean menos abundantes en los montes que en las comarcas colocadas en su base. Al contrario, como las nubes más espesas flotan casi siempre a una altura considerable encima de las llanuras bajas, resulta que las lluvias más abundantes caen en las pendientes de las montañas. Impulsadas por el viento, las masas húmedas chocan con los peñascos fríos erguidos a través de su camino y se derriten en agua. Llénanse barrancos y alfores y las nubes aligeradas suben por

las vertientes y franquean la cordillera por las gargantas abiertas entre las cimas. Es un fenómeno ese que puede observarse fácilmente desde los altos de un promontorio avanzado cuando nubes tempestuosas ruedan como torbellinos por el cielo, dirigiéndose a las montañas situadas a su altura. Hasta cuando las llanuras inferiores no reciben ni una gota de agua, inúndanse las laderas de las montañas y se desbordan los torrentes; las nubes que al llegar son masas negruzcas o cobrizas, con aspecto sólido de roca o de metal, desaparecen como leves vapores grises; mucho tiempo después de haber pasado, todavía se ven humaredas transparentes prendidas en las malezas o en las copas de los árboles al evaporarse la lluvia sobrante.

Entre las causas que determinan mayor precipitación de humedad sobre las montañas que en las tierras situadas en su base, hay que contar también con la diferencia de temperatura que suele existir entre las cimas y la atmósfera que la rodea. Durante el día, las pendientes expuestas al calor del sol se calientan más que el aire ambiente, a lo menos en tiempo tranquilo. Pero los barrascos suelen quedarse mucho más fríos, y por consiguiente, su contacto hace caer la lluvia enfriando súbitamente las capas atmosféricas. Durante la noche, y en todo tiempo cuando sopla el viento con violencia, los ángulos salientes de las montañas se enfrían más que los alfores abrigados y condensan las nieblas del aire exprimiendo las lluvias. ¡Cuántas veces en los países montañosos, cuando el cielo está completamente azul y despejado, se ven brumas que rodean las altas cimas y humean éstas como volcanes! Esas nubes que se distinguen alrededor de las cimas se encuentran en el aire tibio en estado de vapores movibles; los pone en evidencia el contacto frío de las nieves o las rocas. La cumbre de la montaña anuncia a los habitantes de los valles que la atmósfera está saturada de vapores y les avisa de un cambio próximo en la temperatura. Así es que las montañas sirven constantemente de indicadores meteorológicos a las poblaciones vecinas y en cada masa de altura se mira siempre hacia uno

de los grandes picos para ver si se pone "su sombrero" de nubes.

Las observaciones directas recogidas en las diversas partes del mundo han demostrado que, en igualdad de circunstancias, la precipitación anual del agua de lluvia está en razón directa de la altura del país, a lo menos hasta cierta elevación de las montañas. Según Keith Johnston, el término medio de las aguas pluviales en los distritos de llanuras debe de ser en Europa de 5.75 milímetros al año y en los distritos montañosos de 1,300 metros, proporción que viene a observarse en la Alsacia. En el valle del Rhin, la cantidad de lluvia durante el año es de 560 a 800 y en los Altos Vosgos de 1,100 a 1,200. Alsacia es, por consiguiente, bajo este aspecto, como un resumen del continente entero. El Jura, al detener los vientos que le traen los vapores sacados del Acéano, los obliga también a soltar su carga de humedad. Trazando desde las alturas de Charolais a los montes del Jura una línea transversal al valle del Saona, ha comprobado Fournet que la precipitación anual crece con bastante regularidad con las alturas; de 696 milímetros en la orilla izquierda del Saona, crece gradualmente hasta los nuevos paralelos del Jura; por la parte del Oeste va aumentando con la altura; por la elevación del terreno se puede predecir aproximadamente la cantidad media de lluvias.

En la vertiente meridional de los Cevennes, donde soplan los vientos con tanto furor por las variaciones rápidas de temperatura producidas por la variación o la fuerza del sol, la diferencia que se observa entre las fajas anuales del agua de lluvia es más considerable que al pie de las otras montañas de Francia. En la ciudad de Arlés la precipitación total es de 450 milímetros; pero a unos 100 kilómetros al Norte, la ciudad de Joyeuse, situada en el valle de Ardeche, dominada por la muralla montañosa de Tanargue, recibió en 1811 hasta 1.725 milómetros, y el término medio anual es de 1.300 milímetros próximamente; el 9 de octubre de 1827 cayó en 21 horas la enorme

cantidad de 792 milímetros de agua, más de la que por término medio cae en el suelo de Francia durante todo el año. De ahí proceden las formidables inundaciones del Ardeche. Al Este, en el valle el Ródano, que pueden correr libremente los vientos del Mediterráneo, la caída anual de lluvia siempre es mucho menor.

En la ladera de los Alpes que mira a las llanuras de Italia se observan fenómenos análogos. Las montañas que cercan al Norte el golfo Adriático reciben dos y tres veces más lluvia que las llanuras de Padua y las lagunas de Venecia, pero en Europa, y principalmente en las costas del Océano, los vientos del Oeste y del Sudeste traen tan gran cantidad de vapores, que la acción de las montañas o colinas sobre la precipitación de la humedad se manifiesta en toda su importancia geológica. En Lisboa la cantidad anual de agua caída apenas alcanza a 700 milímetros, mientras en Coimbra, en un valle fragoso del interior, suelen caer 3,430 metros de agua, más que en la mayor parte de las comarcas tropicales. Las montañitas de Westnvorland, colocadas a través de la especie de embudo que forma el canal de Irlanda, reciben hasta 3,850 metros; en los años excepcionales esa enorme cantidad de lluvia es mucho mayor, y sin embargo, Liverpool, situado también a orillas del mar de Irlanda, no recibe en el mismo espacio de tiempo más que 860 milímetros de agua, o sea cuatro o cinco veces menos. Las costas occidentales de Noruega, que se yerguen abruptamente fuera del mar, no están expuestas a lluvias menos abundantes que las colinas de Borrowdale y de Rendal en la Gran Bretaña; en Bergen la caída anual de lluvia es de 2,653 metros, e indudablemente otras localidades en que los fjords constituyen verdaderos embudos donde se abisman los vientos de alta mar cargados de los vapores del *Gulf-Stream*, son regadas por una cantidad de agua pluvial más considerable todavía.

Las comarcas del mundo donde cae la lluvia en mayor abundancia, son probablemente las costas del Malabar, las de Acrakan y las primeras pendientes del Himalaya. Todo

se reúne allí para que la cantidad de agua sea muy abundante en la estación lluviosa: calores tropicales, enorme cuenca de evaporación, altura y dirección de las murallas de montañas que han de contener las nubes. El Océano Indico, inmensa tierra en la cual dan vueltas sin cesar las aguas y cuya evaporación superficial es por término medio más activa que la de los otros mares del mundo, alimenta sin descanso nubes de lluvia que los monzones llevan, ora a las costas de África, ora a las de Asia. Las montañas, colocadas allí directamente a través de la corriente aérea, la obligan a elevarse en sus pendientes y a mezclarse así con capas atmosféricas más frías, de lo cual resulta un verdadero diluvio; las nubes negras, cargadas de lluvia, dejan caer su enorme peso, inúndanse los valles, conviértense en ríos los torrentes.

En Mahalabuchlwar, situado a 1.360 metros de altura sobre la vertiente occidental de Ghates, el término medio anual de la lluvia, comprobado según un período de 14 años, es de 7,67 metros. En Chewa-Poujce, que también se encuentra a 1.360 metros sobre los montes Yarrows, al Sur del valle del Brahmaputra, la cantidad de agua derramada anualmente por las nubes es mucho mayor; es de 14,80 metros, es decir, que durante doce meses llueve casi tanto como en Alejandría durante un siglo; sólo en el mes de Julio de 1857 cayeron hasta 3.755 metros. Probable es que esos enormes chaparrones sean mayores aún en muchos valles del Himalaya, porque Thomson y Hooker hablan de una localidad donde la lluvia no es menos de 19,50 metros en siete meses y donde un diluvio temporal de cuatro horas, semejante al derrumbamiento de una tromba, cubrió el suelo con una capa líquida calculada en 760 milímetros; en un sólo chaparrón ese valle de la India había recibido proporcionalmente tanta agua como Francia en todo un año. Según Cleghoon, el término medio de la lluvia en las llanuras costeras del Indostán debe de ser de 1,80 metros, apenas la octava parte de la que cae en las pendientes de las montañas del interior. A la enorme precipitación de la humedad de las nubes traídas por los

monzones debe la base de los primeros contrafuertes del Himalaya la zona maléfica del Terai, cuyas junqueras atraen rápidamente los viajeros para escaparse, a fuerza de velocidad, de las fiebres y la muerte.

Indudablemente, en ninguna parte, en las demás regiones de la zona tórrida, resulta tan notablemente favorecida. En las pendientes de Kilimanjaro llueve casi todos los días durante diez meses, pero el viajero Von der Decken, que fué el primero que comprobó ese hecho meteorológico, no dice que esas lluvias caigan con tanta abundancia como en el Indostán. En el golfo de Guinea, los monzones que se precipitan hacia el continente no suelen encontrar montañas que dificulten su acción y llevan sus lluvias muy lejos, a lo interior de Africa. Las Antillas no son bastante anchas para impedir a vientos y nubes que se tuerzan a la derecha o a la izquierda, y las mayores cantidades anuales de lluvia que se hayan encontrado en los alfores altos no llegan a 10 metros, o sea a cinco menos que en Cherra Poujee. En las costas de Colombia, la cordillera de los Andes, poco elevada relativamente y cortada por anchos valles, se presenta oblicuamente a la dirección de los vientos alisios, pero en el embudo del golfo de Uraba y en los bosques casi impenetrables de la provincia de Charco caen las lluvias en cantidades verdaderamente prodigiosas, poco inferiores a las del Himalaya. A esa enorme precipitación debe el Avats, río insignificante por la longitud de su corriente, una masa de agua más considerable por término medio que los ríos más poderosos de Europa.

Sea lo que fuere, de esa diferencia entre las lluvias en los diversos climas, ese fenómeno de una falta de lluvias más considerable en las pendientes de las montañas que en las llanuras es un hecho general en toda la tierra; lo mismo se observa en las Indias que en Europa, en Patagonia, en las Antillas. No hay que inferir de eso que la precipitación de la humedad aumenta de una manera indefinida en razón de la altura de las montañas y que las cimas reciben siempre en forma de nieve y lluvia la mayor

cantidad de agua. Al contrario, lo cierto es que encima de la zona donde generalmente se ciernen las nubes más espesas, la lluvia disminuye gradualmente. La falta de observaciones nos permite indicar la altura media de esa zona en las diversas comarcas del mundo, y por consiguiente, aun no se pueden determinar las leyes del reparto de lluvias en sentido vertical, pero las investigaciones metódicas hechas sobre los movimientos de las nubes irán dando todos los elementos necesarios y permitirán tarde o temprano designar en cada vertiente de la montaña el lugar donde cada año se transforma en agua la mayor cantidad de nieve.

En los Alpes suizos, esa zona de mayor precipitación es bastante elevada, porque el volumen total de agua de nieve y lluvia que cae anualmente en la garganta del monte de San Bernardo es un metro mayor que la recogida en Ginebra al pie de las montañas; abajo, es de 825 milímetros, y en la garganta nevada suele ser de 1,990 metros. No tenemos datos para afirmar que en otras cordilleras las pendientes elevadas reciben una cantidad de agua muy inferior a la que cae en los valles abiertos a mitad de altura, pero el fenómeno es cierto, gracias a los estudios hechos sobre la altura media de las nubes. Las vertientes de los montes que no son lamidas directamente por los vientos lluviosos y las mesetas rodeadas por elevados bordes, suelen recibir escasa proporción de lluvia, y muchos de ellos, por falta de agua, quedan convertidos en verdaderos desiertos; las cimas que se yerguen al través de las corrientes atmosféricas detienen a las nubes en el camino y no dejan pasar más que vientos libres de vapores. Las mesetas de Castilla son surcadas por arroyuelos míseros, mientras recorre cada valle de los Pirineos cántabros un río bastante considerable. Lo mismo ocurre en Colombia. En las costas abruptas, donde se quiebran los vientos alisios, la capa media de agua de lluvia se calcula en 54 metros al año, y en las mesetas del interior en 1,50. En Bogotá, centro de la meseta de Cundinamarca, es de 1,107, casi lo mismo que en los Altos Vosgos, bajo el clima templado de Europa.

Por último, la lluvia que cae en las llanuras altas de Dekkan, sobre la vertiente oriental de Ghates, sería considerada insuficiente en la mayor parte de las comarcas de Europa, donde la evaporación es mucho menor que en el Indostán. En Punah, situado en la meseta inmediatamente al Este de las montañas que dominan a Bombay, la caída anual de lluvias es de 596 milímetros.

IV

Lluvias tropicales.—Estaciones lluviosas y de sequía. Regularidad de las lluvias

La forma y el relieve de las tierras, lo mismo que la situación que ocupan relativamente a la extensión del Océano, no son los únicos hechos que influyen en la mayor o menor precipitación de las lluvias en las diversas comarcas; también hay que tener en cuenta la temperatura. En igualdad de circunstancias, llueve más en el país más próximo al Ecuador, porque crece la evaporación con el calor del sol, y por lo tanto la condensación de la humedad producida por el choque de los vientos devuelve a la tierra mayor cantidad de agua. Más ardiente que las zonas templadas, la zona tropical recibe lluvias más abundantes, así como las zonas templadas reciben proporcionalmente más humedad que las polares.

Entre los trópicos las lluvias siguen con bastante regularidad la marcha aparente del sol en los cielos, y la estación en que suelen caer se encuentra muy bien determinada. Los vientos alisios se cargan de enorme cantidad de vapor de agua al pasar por encima de los mares de la zona tórrida, pero como su temperatura aumenta a medida que se acercan al Ecuador, adquieren una capacidad cada vez mayor para la humedad y conservan su sequedad relativa. Pero en cuanto los vientos regulares del Sudeste y del Nordeste se encuentran en la zona ecuatorial, cambian las cosas

bruscamente; ambas serpientes aéreas suben juntas a las altas regiones de la atmósfera, su temperatura disminuye, el vapor de que están saturados se condensa, poderosas hileras de nubes se forman encima de toda la zona de calmas y se precipitan en diluvios. El agua que cae del cielo se precipita entonces con tanta abundancia, que a veces los marinos han podido recoger en la superficie del Océano el agua dulce que necesitaban. Los navegantes ingleses han dado a esos parajes el nombre expresivos de pantanos (*Swamp*), como si el mar se hubiera convertido en extensión de agua pantanosa. La zona de nubes, que se extiende así de un modo más o menos continuo en toda la parte marítima de la redondez terrestre, sin duda debe de verse desde los astros cercanos y se parecerá a esas fajas blanquecinas que descubren nuestros telescopios en el planeta Júpiter.

El vaivén de la zona de nubes con la carrera del sol en la eclíptica, hace alternar regularmente la estación de la sequía y la de las lluvias en las regiones tropicales. Las Antillas y las repúblicas del Istmo se encuentran sucesivamente bajo el gran cinturón de nubes lluviosas y en el dominio de los vientos secos. Durante los meses de junio, julio y agosto, el sol, arrastrando consigo inmenso velo de vapores, está en el cénit de las comarcas próximas al trópico de Cáncer; esa es la estación llamada de la *invernada*: cubren los vapores el cielo, y se derrama la lluvia en abundancia. Como puede verse comparando las lluvias en Veracruz y en las costas septentrionales del Golfo de Méjico, la cantidad de agua caída duplica o triplica la proporción media del agua recibida por las países limítrofes situados fuera de la zona de invernada. En setiembre, cuando el cinturón de nubes ha bajado hacia el Sur, los vientos alisios recorren su marcha normal, dirigiéndose al Ecuador. Absorben la humedad de las tierras y del mar y la llevan más lejos, a las comarcas abrigadas por la zona de nubes: entonces llega la estación seca para las Antillas y la América Central.

En Colombia, el año se divide en cuatro períodos, dos secos y dos húmedos, producidos también por el balanceo

de la zona lluviosa. Durante el invierno del hemisferio boreal, el cinturón de calma penetra en el hemisferio opuesto y se extiende desde 2° de latitud Norte al 5° de latitud Sur. Nueva Granada se encuentra entonces bajo el régimen de los alisios del Noreste; el cielo está puro y sin nubes; no llueve más que en los valles de las montañas que se yerguen a través de la marcha de los vientos. Hacia los meses de mayo y junio, el cinturón de calmas pasa al Norte por encima de las mesetas granadinas, inundándolas de lluvias. Para aquellas regiones ha llegado el invierno. Pero las masas de nubes continúan su marcha hacia el Norte y no se detienen hasta haber llegado al grado 12 o 15 de latitud septentrional. Entonces las mesetas colombianas se encuentran por segunda vez fuera de la zona de precipitación y sufren la influencia de los vientos ávidos de humedad, que dan origen a una nueva estación de sequía. Por último, hacia los meses de noviembre y diciembre, el cinturón de calmas atraviesa de nueva la latitud de Bogotá y la tierra sedienta absorbe las lluvias hasta que la ancha faja de nubes haya desaparecido, dirigiéndose al Ecuador.

Al Sur de las comarcas donde los dos pasos anuales de la zona de nubes determinan la alternativa de una doble invernada y un doble verano, se producen fenómenos análogos a los de las Antillas y Guatemala. En las regiones del Alto Amazonas, como en la América Central, no hay más que dos estaciones, la de la lluvia y la de la sequía, pero se suceden en orden inverso; cuando por una parte llueve, el cielo está despejado por la otra; cuando la sequía reina al Sur, la tierra está inundada al Norte. Además, en uno como en otro hemisferio, la época normal y la abundancia de lluvias se modifican diversamente por la forma de las costas, el relieve de mesetas y montañas del interior y las alternativas de los monzones. Las lluvias grandes caen en junio y julio en Calcuta y Anjarakandy (costa de Malabar) y en Madras llegan al máximo en noviembre.

Por efecto de un notable contraste, en la época en que debería ser más fuerte el calor es precisamente cuando la

atmósfera de las comarcas tropicales se encuentra más refrescada por la precipitación de lluvias abundantes. Tendidas como velo inmenso, las nubes resguardan a la tierra de los ardores del sol que están entonces en lo más alto del cielo. La estación de la invernada, durante la cual la temperatura es más baja a veces que durante la estación de los calores, no deja de ser el verdadero invierno desde el punto de vista astronómico. El equilibrio de la zona de las nubes iguala los calores anuales y templá los ardores de un estío que podría ser en toda la zona tropical lo que es en el Sahara. Verdad es que a veces siente el hombre más opresión en la estación lluviosa que en la de los grandes calores, por la humedad enervante de la atmósfera.

No hay que pensar que mientras duran las lluvias tropicales la humedad se precipita de una manera constante a todas horas del día y de la noche. Al contrario, en la mayor parte de las regiones ecuatoriales, las lluvias obedecen a una especie de ritmo. Generalmente, empiezan por la tarde, porque por la noche y por la mañana la atmósfera todavía no ha tenido tiempo de saturarse completamente de vapores, pero cuando el aire ya no puede absorber la humedad, estalla violentamente la tempestad en medio de nubes condensadas de pronto. En varios puntos del litoral de las Antillas, en Colombia y en Méjico, el cielo empieza a desprenderse de su carga de lluvias sobre las dos de la tarde; como ya se aguardaba el chaparrón, están tomados todos los preparativos para resguardarse, y por la noche la gente puede salir sin temor a la calle. En ciertas partes del Brasil tropical las horas de la tormenta diaria están tan bien previstas, que se citan las personas para la hora de acabar la lluvia, como en otras regiones al anochecer. Hay sin embargo comarcas tropicales regadas con mayor abundancia, donde los chaparrones diarios duran hasta una hora avanzada de la noche o hasta la mañana siguiente. En alta mar, donde la inmensa superficie de evaporación puede saturar sin descanso la atmósfera, las lluvias duran también más que en la tierra, y suelen prolongarse días enteros.

Lluvias fuera de los trópicos.—Lluvias de invierno.—Lluvias de primavera y de otoño.—Lluvias de verano.—Lluvias de las regiones polares.

Al Norte y al Sur de la zona de los alisios las lluvias presentan, como los vientos, regularidad mucho menor que en la región de las calmas ecuatoriales, ya por la cantidad de gua que cae, ya por la época y duración de la estación lluviosa. En el hemisferio boreal sobre todo, la precipitación del vapor de agua se verifica de una manera desigual, porque la redondez terrestre es más quebrada que en otras partes por los variados contornos de los continentes, por las islas dispersas, por los mares interiores, por las cordilleras paralelas, oblicuas o transversales a los vientos. De modo que es muy difícil en varias comarcas discernir con claridad el orden general en que se suceden las lluvias y mientras no se hayan hecho concienzudas observaciones durante larga serie de años, seguirá la incertidumbre respecto a ello.

Sin embargo, los registros que se llevan en diversas estaciones meteorológicas del hemisferio boreal bastan ya para determinar el reparto normal de las lluvias aquende el trópico de Cáncer. Al Norte del límite variable dentro del cual empiezan los vientos alisios, y hasta una latitud media de 40°, caen las lluvias casi exclusivamente durante el invierno; alrededor de la cuenca del mar Tirreno y en las costas de Europa occidental se reparten en todo el año, pero en otoño es cuando se precipita más humedad; más al Norte, el verano es la estación lluviosa por excelencia y en las comarcas polares la condensación de las nubes produce en invierno más nieve y lluvias.

La marcha de los vientos es la verdadera causa de ese reparto desigual del agua del cielo, según las diversas estaciones del año, porque fuera de la zona ecuatorial la mayor parte de las lluvias no se forma en un sitio por la conden-

sación de vapores ascendentes, sino que las traen de lejos las corrientes atmosféricas. Durante el invierno del hemisferio boreal todo el sistema de vientos alisios es atraído hacia el Sur siguiendo al sol, y por consiguiente, las contracorrientes aéreas que vuelven hacia el polo ártico pueden bajar a la superficie del globo cerca del trópico de Cáncer. Los vapores de que están cargados esos vientos se condensan entonces en lluvias, a consecuencia de la mezcla del aire que los lleva con otras masas atmosféricas más frías; entonces llega la estación lluviosa. Pero si el sol se acerca al Ecuador llevándose consigo hacia el Norte todo el sistema de vientos, los contraalisios del Suroeste no pueden bajar hasta que lleguen al medio de la zona templada; serénase el cielo en las regiones que habían inundado de lluvia; un período relativamente seco empieza en primavera y dura hasta que el sol haya franqueado de nuevo el Ecuador hacia las tierras australes. Esa alternativa de estaciones se verifica con gran regularidad en las costas de la California y el Orejón, en Madera, en Argelia y en las costas de Portugal. En Lisboa caen en julio cuatro milímetros y medio de lluvia, y en diciembre la cantidad de agua caída es de 124 milímetros. En Nápoles, en Roma mismo, las sequías estivales, pocas veces perturbadas por los chaparrones, suceden a las lluvias de invierno.

La región de lluvias de primavera y otoño ha de abarcar las comarcas a las cuales llegan los alisios de retorno cuando el sol en su viaje por la eclíptica se encuentra en el cenit del Ecuador, o sea el período equinoccial de marzo o de septiembre. En ciertos países del Mediodía de Europa, especialmente en Provenza, se nota efectivamente que las lluvias son más abundantes en primavera y en otoño; en Alsacia, la mayor cantidad de agua cae en primavera y sigue los afluentes del Rhin, pero salvo escasas excepciones, el máximo de otoño es generalmente el más elevado de los dos y el de primavera acaba por desaparecer enteramente hacia el Norte. Las costas occidentales de Francia y de las Islas Británicas están comprendidas en aquella zona donde predominan regularmente las lluvias de otoño. La verda-

dera causa de su exceso de precipitación durante el otoño, comparada con la primavera, aun no se ha puesto en claro. Hay que buscarla indudablemente en el hecho de que, por influencia de las diversas corrientes atmosféricas y marítimas, se verifica un descenso de temperatura de un modo relativamente brusco después de los calores de verano; la marcha ascendente del termómetro en otoño es más rápida que la descendente en primavera. Así resulta de la lectura de la mayor parte de las tablas meteorológicas que se llevan en las comarcas de Europa y América Septentrional.

Más al Norte de la zona templada, no es en otoño, sino en verano, cuando las lluvias riegan la tierra con mayor abundancia. En toda la Europa Central, de los Vosgos a los Urales y más allá, hasta las playas del mar de Ochotzk, la gran precipitación de humedad se verifica en la parte más cálida del año. Y es que el sol, encontrándose entonces encima de la zona tropical de Cáncer, se ha llevado hacia el Norte el sistema entero de alisios y contraalisios; estos últimos no bajan a la superficie de la tierra más que en las latitudes altas, y en éstas se verifica, por el choque con los vientos fríos de las regiones polares, ese crecimiento notable de lluvia debido al tributo de los vapores tropicales.

Al otro lado del Ecuador los contraalisios del Noroeste, que viajan con el sol, determinan en orden exactamente inverso la mayor precipitación de humedad en las comarcas a las cuales se inclinan. Las nieves de ambas zonas polares caen sobre todo en invierno, es decir, durante la prolongada noche que dura varios meses, porque la temperatura es entonces demasiado baja para conservar la humedad que le traen los vientos ecuatoriales.

VI

Comarcas sin lluvia.—Acción geológica de la lluvia.— Contraste de ambos hemisferios.

Resulta, pues, que en casi todas las regiones de la tierra, desde el Ecuador a los polos, se reparten las lluvias con cierta regularidad, según las estaciones. En varias comarcas caen exclusivamente durante un período fijo del año; en otros países no alternan de modo tan determinado lluvias y sequías. Llueve con frecuencia durante el verano lo mismo que en invierno, pero se observa una oscilación regular entre ambos períodos de mayor o menor precipitación. De todos modos, hay comarcas en las cuales falta casi completamente la lluvia, y esas están situadas precisamente, por lo general, cerca del Ecuador y de los trópicos, donde las aguas, calentadas por el sol, dan a la atmósfera mayor cantidad de vapor.

En las regiones que se extienden, como el litoral del Perú, junto a la base de grandes aristas de montañas colocadas al paso de los vientos lluviosos, la constante sequedad de la atmósfera debe atribuirse únicamente a la forma del relieve planetario. Basta a veces con franquear una garganta para comprobar la enorme diferencia que existe desde el punto de vista meteorológico entre ambas vertientes; a un lado, los vientos, cargados de humedad, sueltan con frecuencia su peso de lluvia; al otro, las corrientes aéreas, libres de sus vapores y calentadas por la reverberación de las rocas blancas y de la tierra desnuda, absorben con avidez la poca agua que corre por los valles. Los alisios del Nordeste y del Sudeste que vierten en las pendientes orientales de los Andes lluvia bastante abundante para formar el Yapura, el Putumayo, el alto Maraón, el Apurímac, el Mamoré y otros varios tributarios de la magnífica corriente del Amazonas, no dejan caer ni una gota en la vertiente occidental, transformada a trechos en desierto, y recorren la superficie del Pacífico hasta gran distancia mar adentro antes de haber recogido bastante vapor para derramar nuevas lluvias. En

las costas del Perú el aire está con frecuencia cargado de brumas, pero a través del velo blanquecino se distingue siempre el cielo azul; la aparición de una nube es un verdadero acontecimiento, y toda la población se junta para contemplar en el espacio tan insólito espectáculo. En las riberas occidentales de Méjico, donde el régimen de los vientos es mucho menos regular que en la América del Sur, las perturbaciones atmosféricas ocasionan a veces la caída de rápidos chaparrones, pero, como en el Perú, la gran masa de agua de lluvia la contienen las mesetas y montañas que se yerguen al Este, al paso de los alisios y monzones. Más al Norte se producen los fenómenos meteorológicos en orden inverso. Los vientos lluviosos que chocan con las cimas del Coast Range y de la Sierra Nevada son los contraalisios del Sudeste. Riegan con abundancia la vertiente que mira al Pacífico, pero más allá de las Montañas Roquizas están completamente secos, y los desiertos de Tejas, Nuevo Méjico y Colorado carecerían absolutamente de agua si no les llevaran alguna humedad los monzones del Sur. La cantidad media de lluvia que cae en las soledades, al Oeste del Missisipi, no se evalúa más que en cinco centímetros.

Pero cerca de los trópicos, y bastante adentro de la zona templada, hay otras regiones recorridas libremente por los vientos cargados de vapores, y que, sin embargo, las lluvias riegan poco. Una ancha zona de tierra casi sin agua se extiende diagonalmente a través del mundo antiguo, desde las llanuras occidentales de África hasta las mesetas de la China oriental. Esa zona, dispuesta en inmenso arco de círculo, cuya concavidad mira al Noroeste, comprende gran parte del Sahara, los desiertos de Egipto y Arabia, las tierras altas del Iram, varias comarcas de la Tartaria y de la China y la meseta de Cobi. En el hemisferio austral, los tres continentes, África, Australia y América del Sur, tienen también cada uno su zona de tierras secas situadas en las cercanías del trópico de Capricornio; en África está el desierto de Kalahari; en Australia las formidables soledades que han tenido que atravesar los exploradores para ir desde las

colonias del Sur al golfo de Carpentaria; en América Meridional las Pampas. Si esas diversas comarcas al Norte y al Sur del Ecuador están privadas del agua de lluvia, reside la causa principalmente en los vientos alisios, que en su marcha regular a través de los continentes absorben constantemente nuevas cantidades de vapores según se acercan a la zona de calmas ecuatoriales y crece su temperatura. Por otra parte, muy difícil sería trazar el límite que separa la zona de las regiones desprovistas de lluvias y aquellas en que la precipitación se verifica con regularidad, pues en todo el contorno de las tierras de sequía prolongada forman los monzones una especie de ribete desigual y variable con los años. Además, las mesetas y los grupos de montañas, colocados en medio de regiones desiertas, el Djebel Hoggar en el Sahara, el Demarend al Norte de Persia, la masa montañosa de Córdoba en las Pampas argentinas, yerguen sus cimas en las alturas del aire, y obligan a los vientos enfriados a cederles una parte de las vapores arrastrados hacia la zona ecuatorial. La meseta de Cobi, situada en gran parte fuera de la zona de los alisios, tiene su clima muy seco por causa de las montañas que la rodean y su alejamiento del mar.

Según lo demuestra el aspecto de los desiertos, la lluvia es el gran agente geológico en la superficie del suelo. Las poderosas rajas abiertas al borde de las mesetas y en las laderas de los montes se deben generalmente a la acción de las masas líquidas que diluyen las arcillas, arrastran la arena, descalzan las rocas y las llevan por delante, utilizándolas para destruir ribazos. En todas las comarcas lluviosas cuyo relieve es muy movido, es absolutamente imposible conocer el aspecto primitivo del país, porque las lluvias han modificado profundamente las desigualdades y las hendiduras producidas con anterioridad por otros agentes. En la mayor parte de las comarcas oceánicas, y sobre todo en la isla de la Reunión, los antiguos cráteres han sido destrozados por las lluvias y transformados por último en círculos semejantes a circunferencias de erosión. Según Lyell, el valle del Bove, abierto en la vertiente oriental del Etna, debe ser

un antiguo abismo volcánico, una de cuyas paredes ha quedado destruída por las lluvias.

Donde falta la lluvia, el relieve de la tierra presenta singular monotonía de vastas extensiones. Los Andes argentinos deben indudablemente a la falta de lluvia, a la sequedad de la atmósfera, la uniformidad singular de su relieve; no se ven en él esos largos valles, esos barrancos profundos, esos anchos círculos desmoronados que dan tan pintoresco carácter a la arquitectura de los Pirineos y los Alpes. Desde que se retiraron las aguas del mar arrastrando por la base de esas montañas del Nuevo Mundo los enormes montones de cantos rodados que hoy se ven, las nieves y lluvias no han caído en bastante abundancia para surcar los declives y recortarlos en valles y estribaciones. Desde abajo, la muralla montañosa presenta el aspecto de una pared uniforme y negruzca, encima de la cual se yerguen de trecho en trecho algunos picos con estrías blancas. La meseta, de 4.000 a 4.300 metros de altura media, sobre la cual se elevan esas montañas aisladas, está completamente lisa en unos 80 kilómetros de anchura. Apenas interrumpen algunas colinas bajas, de trecho en trecho, la monotonía de la llanura; en las depresiones más profundas se ven lagunas pequeñas cuya agua casi siempre es salina y la vegetación no existe, menos por la intensidad del frío que por lo seco del aire y la violencia del viento que sopla en aquellas elevadas regiones; sólo una planta crece a 4.000 metros, la *llareta*, especie de liquen de raíces fuertes, extendida sobre la roca como un moho verde. Apenas salidas de las nubes, las escasas nieves caídas en aquellas alturas se derriten o se evaporan. En medio del día, esos vapores de nieve se llenan en tenues nubes que van a perderse a gran altura en la atmósfera azul; parecen cohetes que suben al cielo. El aire de esas regiones está a veces tan seco, que la piel de los viajeros se resquebraja y se les rompen las uñas como cristal.

La medida del agua que cae en los diversos puntos de la tierra es indispensable para el conocimiento de las leyes meteorológicas y para la predicción del tiempo, y también

es de la mayor importancia desde el punto de vista geológico, puesto que permite explicar la forma de las montañas, el aspecto general de las comarcas y el estado de la vegetación que las cubre. Y hay más: la distribución de las lluvias es asimismo un fenómeno de orden astronómico, porque, comparando las fajas de agua pluvial observadas en todos los puntos del globo, puede llegarse a conocer de una manera exacta el contraste que presentan ambos hemisferios según la precipitación de la humedad, y ese contraste, sea cual fuere su importancia, se relaciona íntimamente con el reparto desigual del calor en ambas mitades del planeta, y por consiguiente, con la forma de la órbita directa por la tierra alrededor del sol.

Resulta de las observaciones comparadas que la mayor proporción de agua de lluvia cae en el hemisferio del Norte. Según Keith Johnston, que desgraciadamente no pudo apoyarse mas que en muy escaso número de documentos meteorológicos, la masa de agua pluvial que cae por término medio durante el año en la superficie de la tierra situada al Sur del Ecuador, debe ser de 65 centímetros, y al Norte de 95, es decir, una mitad mayor. Esas cifras parecen demasiado grandes, y sin duda ninguna serán modificadas por investigaciones futuras que abarquen mayor número de estaciones y período más largo, pero es probable que la diferencia entre ambos hemisferios respecto a la caída de lluvia siga siendo considerable. Efectivamente, en el hemisferio del Norte se conserva durante casi todo el año esa zona de calmas ecuatoriales en que las lluvias caen en abundancia; también vierten los monzones en el hemisferio del Norte prodigiosos chaparrones y dan a la tierra en algunas semanas más agua que en otros climas sueltan las nubes en varios años. Así es que todos los grandes ríos, excepto los que desembocan en el estuario del Plata y de los afluentes de la orilla derecha del Amazonas, corren por el hemisferio boreal. La superficie continental que se encuentra al Norte del Ecuador es de triple extensión que la que se extiende al Sur, mientras la masa de aguas fluviales, evaluada groseramente

según los datos (incompletos todavía) que poseemos, es quintuple o séxtuple.

Por notable contraste, el hemisferio boreal, que recibe la mayor cantidad de agua, da la proporción menor. En efecto, el Océano, apretado al Norte entre los continentes, se extiende al Sur del Ecuador de modo que cubre casi la redondez terrestre y presenta a los rayos solares inmensa superficie de evaporación que alimenta incesantemente las nubes de la atmósfera. La mitad del globo que da más vapor es en cambio la que recibe menos lluvia. Se establece necesariamente entre ambos hemisferios un circuito de corrientes aéreas para sostener el equilibrio, nueva prueba del fenómeno de cruce de vientos alisios que se verifica en la zona de calmas ecuatoriales. Los vapores del Atlántico Meridional, y quizá también los del mar del Sur, alimentan en gran parte los ríos de Europa.

CAPÍTULO IV

BORRASCAS, AURORAS Y CORRIENTES MAGNÉTICAS

I

*Altura de las nubes tormentosas.—Distribución de las
tormentas en las distintas regiones de la tierra.—*

Marcha de esos meteoros.

LA condensación y precipitación del vapor de agua van siempre acompañadas de fenómenos eléctricos, pero esa fuerza poderosa que se agita sin cesar en la superficie del globo no se manifiesta de una manera visible en las lluvias ordinarias, que apenas perturban el equilibrio atmosférico. Cuando las nubes se condensan de repente y el suelo y las diversas capas de aire tienen temperaturas y tensiones eléctricas muy diferentes, no puede restablecerse la armonía más que con violentas descargas acompañadas por relámpagos. Entonces se ve en el cielo, lleno de nubarrones, el grandioso espectáculo de esas chispas deslumbradoras que se extienden en ráfagas de fuego o brotan como tortuosos dardos. Durante un momento, formidable claridad llena el cielo, luego vuelve a cubrirse el espacio de tinieblas y se oye salir de la oscuridad la inmensa voz del trueno, que repercute en sordos ecos por las nubes y la tierra. En las tempestades violentas, las deflagraciones se suceden a veces con tanta abundancia, que los relámpagos inflaman constantemente una u otra parte del horizonte y resuenan a un tiempo

en diversos puntos del cielo los estridentes estallidos y lo prolongados tableteos del trueno. Al mismo tiempo, el ar de las nubes reventadas y desgarradas cae con violencia. También a veces sueltan las tormentas una lluvia de granizos, formados por capas concéntricas de agua helada, que rodean un cristalillo que suele tener bastante regularidad. Cada meteoro difiere en su modo de producirse; unos son simples fenómenos pasajeros; otros son trombas eléctricas y deben ser consideradas como verdaderos ciclones. En esas terribles tormentas se han visto a veces relámpagos de 10 y 15 kilómetros de longitud.

La principal zona de nubes tormentosas se extiende a considerable elevación sobre el suelo, como es fácil comprobar en las altas fragosidades. "Los montes atraen el rayo", repiten los refranes de todos los pueblos. Y efectivamente, las nubes chocan con las grandes protuberancias del relieve terrestre, condénsanse en agua y estallan las descargas eléctricas. Además, las rocas aisladas y puntiagudas han de obrar como pararrayos naturales, y las hiere mucho más la descarga que las paredes inferiores de los alfores de las montañas; a la acción repetida de esos meteoros hay que atribuir el singular estado magnético de las rocas, en cuyas cercanías la brújula toma, sin aparente regularidad, las más diversas posiciones. Forbes y Tyndall citan un notable ejemplo de ese fenómeno en el Rieffel-Hoon, a más de 2.900 metros de elevación. Humboldt ha visto rocas fundidas por el rayo en la cumbre de la montaña de Toluca (Méjico), a 4.620 metros sobre el nivel del mar. Peytier y Horsard han observado tormentas que en los Pirineos se formaban a más considerable altura. De un modo general puede decirse que la altura de las tempestades es la de los grandes *cumulus*, en los cuales nacen.

Las tormentas, lo mismo que las simples lluvias, estallan con mayor frecuencia en los alfores elevados de las montañas que miran al mar. Los griegos habían convertido los montes Acrocerannios en mansión de Júpiter, disparador de rayos, por las numerosas tempestades que asaltaban las

abruptas costas del Epiro y la Iliria. Esos montes son poco visitados por las tempestades, comparados con varias comarcas que se elevan en la zona tropical a orillas del Océano y transversalmente a la dirección de los vientos lluviosos.

La Sierra Nevada de Santa Marta, en Colombia, tiene su correspondiente tempestad diaria, y los pocos viajeros que trepan a alguna de las grandes cimas encima de la zona de las tempestades, pueden estar seguros de que de dos a cuatro se desarrollará a sus pies el magnífico espectáculo de un tumultuoso mar de nubes lleno de relámpagos.

En general, las tormentas son tanto más numerosas en un país cuanto más abundantes son las lluvias. La zona de las calmas ecuatoriales y la de los monzones, donde la humedad se precipita en tan considerable cantidad, son las regiones de la tierra donde más estalla el rayo. En Bengala el número anual de tempestades es de 50 a 60; en las Antillas se cuentan unas 40; en los climas templados unas 20, que suelen presentarse en la estación cálida. En la Europa oriental hay pocos ejemplos de que estallen en invierno, pero en las costas occidentales del continente, sometidas a la influencia tropical del *Gulf-Stream*, los conflictos tormentosos del aire se verifican en la estación fría. Es curioso que en la Gran Bretaña granice generalmente en invierno. En dirección a los polos el número de tormentas disminuye gradualmente. Al Norte de Europa el trueno es un fenómeno muy raro, y hasta se dice que en Islandia y costas del Spitzberg, es decir, precisamente en las comarcas donde brillan las auroras magnéticas, nunca se ha visto relampaguear. En los países de la zona tropical que no reciben lluvia, como el litoral del Perú y Bolivia, tampoco truena. Los relámpagos que a veces ven los marinos que navegan cerca de las costas son los reflejos de los que se escapan de las nubes a centenares de kilómetros al Este, en las pendientes orientales de los Andes.

Así como el número de tormentas va disminuyendo desde el Ecuador hacia los polos, también se reduce en alta

mar en proporción a la distancia de las playas; regla bastante general, a lo menos en los mares de la zona tórrida y en el Océano Antártico. Según Arago y Duperrey, que han recogido todas las observaciones hechas anteriormente sobre las tempestades marítimas, ningún marino ha oído tronar nunca en medio del Atlántico Austral ni en el gran Océano del Sur, entre la isla de Pascuas y la de los Antípodas. La mayor parte de los barcos, a pesar de que la forma de sus palos solicita la electricidad, se salvan del rayo por el escaso número relativo de las tempestades que estallan en alta mar.

Consideradas en conjunto, las tempestades de la Europa occidental siguen la misma dirección general que las borrascas de viento, y las suelen acompañar en su marcha. Así lo demuestran hasta la evidencia los mapas meteorológicos de Francia trazados desde 1865 en el Observatorio de París. Las tormentas no son fenómenos puramente locales, según se ha creído hasta hace poco: forman parte del sistema general de movimientos atmosféricos. Resulta de millares de observaciones, hechas sistemáticamente en diversos puntos del territorio francés, que casi todas las tormentas proceden del Océano: los habitantes de las costas oyen con frecuencia rugir al trueno en las nubes marítimas muchas horas antes de que el meteoro estalle encima del continente. En Alemania y hasta en Rusia las nubes tormentosas enviadas por la enorme cuenca de evaporación del Atlántico vienen del Oeste y del Suroeste.

Las corrientes rápidas ascendentes, cargadas de la humedad de lagos y ríos, producen tormentas de una manera excepcional en lo interior de los continentes, pero en los diversos puntos de su recorrido, los meteoros procedentes del Océano suelen sufrir hondas modificaciones originadas por el medio en que se propagan. Encima de regiones diferentes por lo quebrado del terreno, por la naturaleza del suelo, por la vegetación o por el clima, las tormentas pasan por bruscas peripecias de calma relativa y de exasperación: en unos sitios ruge el trueno sin cesar y destruye

las cosechas; en otros, las nubes no vierten más que lluvia; más allá, el viento se lleva por delante las nubes desgarradas; sin que caiga ni una gota de agua. A consecuencia de estas grandes desigualdades en la marcha de las tormentas, suele ser difícil reconocer una serie regular en las perturbaciones que se suceden en puntos distantes de una misma comarca.

Las tormentas secundarias que se forman de trecho en trecho en el trayecto de la principal corriente atmosférica sienten en su andar la influencia de las quebraduras del terreno y las variaciones de temperatura con tanta mayor fuerza cuanto menos considerable es la tormenta y más se aproxima a la superficie terrestre. Por eso presentan gran variedad en su marcha y se suelen desviar de su dirección normal para propagarse a lo largo de las montañas, de las colinas y de las selvas. Según lo demostró Becquerel en sus estudios meteorológicos sobre el centro de Francia, la mayor parte de las tormentas secundarias siguen regularmente el curso de los grandes valles como otros tantos ríos aéreos superpuestos a los ríos líquidos que corren abajo. Cuando una tormenta que ha nacido en una meseta central se dirige oblicuamente hacia un valle, cambia de curso encima del río y sigue todas sus sinuosidades agua arriba o agua abajo, como si encontrara cauce proporcionado en la zanja que forma el valle. Las tormentas que andan formando ángulo recto con la dirección del río son las únicas que no se apartan a derecha ni a izquierda para entrar en la ancha depresión que se les abre; la fuerza que tiende a arrastrarlas paralelamente al valle no es bastante poderosa para desviarlas de su camino.

Si las tormentas son atraídas, digámoslo así, por los caminos que les ofrecen los grandes valles, también parece demostrado que tratan de evitar los bosques. Las diversas corrientes de nubes cargadas de granizo que asuelan más o menos periódicamente los campos del Loiret, dan la vuelta al bosque de Orleans o no descargan más que en sus límites. ¿Qué origen tiene esa inmunidad relativa de los

bosques? ¿Retrasan éstos la corriente de aire con sus troncos apretados y la obligan así a soltar el granizo al exterior y luego a pasar lateralmente respetando la recia masa del bosque? ¿O es que obran sobre las nubes como pararrayos, impidiendo formarse al granizo? Problemas son éstos muy discutidos, pero sea de ello lo que fuere, es lo cierto que los bosques hacen desviarse al granizo y que las talas modifican muchas veces el curso regular de las tempestades, a expensas del cultivo. Los numerosos mapas meteorológicos trazados por Becquerel y otros sabios no permiten dudar de que las zonas donde las tempestades de granizo estallan con preferencia están realmente modificadas en sus contornos por la distancia de bosques en su territorio.

La forma y dirección de los valles y la extensión mayor o menor de los bosques dan a los terrenos poder para evocar o conjurar las tormentas, pero además la composición geológica de las ideas ejerce análoga influencia. Citaremos dos ejemplos: ciertas masas de diorito del departamento de Mayena disipan o alejan las tormentas, y encima de la mina de hierro de Grondone, en los Apeninos, se forma casi diariamente una nube durante los meses de Julio y Agosto, y truena sobre las cuatro o las cinco de la tarde. Así se asegura, aunque no hay completa certidumbre de esos fenómenos. Según Fournet, que es el sabio que mejor ha estudiado el régimen de aguas y vientos en la cuenca del Ródano, la naturaleza de las rocas y del suelo vegetal, la extensión de los campos cultivados, de los pastos y de los bosques, ejercen poca influencia en el reparto de las tormentas; la dirección y profundidad de los valles, la altura y fragosidades del relieve terrestre tienen mayor importancia bajo este aspecto.

Esta cuestión de meteorología es aún muy oscura, lo mismo que las relativas a la caída del granizo. ¿Por qué en los climas templados la zona de granizo que se forma encima de los campos es casi siempre más estrecha que la de la tormenta misma? ¿Por qué no ha granizado más que una vez en la Habana durante todo un siglo? La ciencia

no puede contestar a esto con certeza. Relativamente a la formación del granizo, hay teorías contradictorias, y hay que averiguar por qué los granizos, pesados proyectiles que alcanzan a 200 y 300 gramos de peso, pueden cristalizarse en las alturas del aire, generalmente en verano, poco después de las horas más cálidas del día. Lo más probable es que uno de esos movimientos giratorios del aire que se producen siempre al encontrarse dos corrientes atmosféricas opuestas es el gran productor del granizo. A consecuencia de la fuerza centrífuga que se desarrolla en la tromba aérea, el aire se enrarece, congélanse las gotas de agua y se arremolinan; al mismo tiempo, la atracción del inmenso embudo que se forma en medio de las nubes hace bajar de las regiones superiores una atmósfera helada, y los granizos, girando entre los vapores, aumentan sin cesar de volumen hasta que se arrojan al suelo con el círculo de nubes que los rodea. Esta teoría, que es la de Mohr, de Lucas, de Hann, explicaría por qué los granizos son tan raros en las regiones tropicales, donde las capas de aire helado están a mucha altura para que los torbellinos de nubes puedan arrastrarlas en los remolinos. El aspecto de los nimbos tormentosos, lo estrecho de la zona asolada por el granizo, la caída oblicua de los proyectiles, la violencia con que golpean la tierra, la dirección giratoria que toman los trigos derribados sobre los surcos, dan muchos grados de probabilidad a la hipótesis de los sabios alemanes. En cualquier caso, el poder de las corrientes aéreas que luchan durante la formación del granizo debe ser verdaderamente formidable, porque ciertas nubes de granizo son bastante poderosas para constituir una especie de ventisqueros temporales. El 9 de Mayo de 1865, la masa de cristales que cayeron del cielo en las praderas de Catelet formaba una capa de dos kilómetros de largo y 600 metros de ancho, evaluado en su conjunto en 600.000 metros cúbicos. Cuatro días después aun no habían desaparecido los granizos.

Numerosos hechos relativos a la producción de tempestades no se conocen todavía y no se sabe por qué empiezan

las tormentas casi siempre a la hora de la marea, a las orilla del mar del Norte, en las playas del golfo de Bengala en otras muchas regiones del litoral. Otro fenómeno peculiar, pestuoso de los más extraños, ignorados aún, es la explicación de los relámpagos que brotan de cuando en cuando de ciertas grutas de los acantilados en la costa noruega. Entre Bergen y Trondjhem, a la orilla del Jorend-Fjord, se eleva una montaña llamada Troldjold o roca del Prodigio. A veces, sobre todo cuando va a cambiar el tiempo, brotan columnas de llama o humo de una raja lateral de la montaña; pero la caverna en la cual se elaboran esas misteriosas tormentas es de tan difícil acceso, que aun no se ha penetrado en ella. Tampoco se ha tratado de explorar otro laboratorio de tormentas, colocado en la pared de uno de los dos acantilados que se yerguen a la entrada del Lyse-Fjord. En aquel lugar, la muralla perpendicular de la roca meridional no tiene menos de 1.100 metros de elevación, y para ganar la gruta abierta en esa pared habría que descollarse con cuerdas a más de 300 metros en aquel abismo espantoso. De cuando en cuando, y sobre todo cuando sopla el viento del Este con violencia, se ve brotar de la roca negra un relámpago que se ensancha, se estrecha luego para volverse a ensanchar, contraerse de nuevo y se pierde en franjas luminosas, antes de llegar a la pared septentrional. La ráfaga de fuego progresa girando, y las expansiones y contracciones aparentes del relámpago obedecen a ese movimiento de rotación. Óyense rápidas detonaciones con creciente fuerza antes de que brote la llama de la roca; violento trueno las acompaña, repercutiendo con largos ecos en el estrecho corredor marino; parece que una batería oculta en lo interior del acantilado cañones algún fuerte invisible de la muralla opuesta. Tales fueron los extraños fenómenos que presenció en 1855 el ingeniero geógrafo Krefting, encargado del mapa geográfico de la comarca. Los habitantes del país añaden que cuando hace buen tiempo y no ha soplado el viento del Sudeste en muchos días, se ve salir de la caverna una humareda gris amarillenta que sube arrastrándose a lo largo de la roca.

II

Auroras polares

Las tempestades ruidosas y rápidas que desgarran la atmósfera de las regiones templadas, y con más frecuencia la de las regiones tropicales, contrastan notablemente con las silenciosas y prolongadas tormentas de las noches polares, que brotan como dardos de llama amontonados en la redondez del cielo. Son las auroras australes o boreales. Cuando esas iluminaciones del aire son débiles, aparecen como nube blanquecina o vagamente luminosas en dirección al polo, y a veces no se conoce la existencia del fenómeno más que en los movimientos bruscos de la aguja imantada. Esas auroras polares apenas visibles son frecuentes en los climas de las zonas templadas; pero se observan en ellas muy pocas veces los haces de llamas y cohetes que dan tanta magnificencia a las grandes auroras boreales. En la Europa central y meridional, muchas personas de avanzada edad mueren sin haber tenido jamás el gusto de asistir a uno de esos hermosos espectáculos de la Naturaleza. Los únicos efluvios silenciosos de la electricidad terrestre que han podido distinguir son esas vagas claridades que se escapan a veces del suelo durante las noches sin luna y sin estrellas. Como hace observar Humboldt, esa claridad telúrica adquiere bastante fuerza a veces, especialmente en invierno, cuando la tierra está cubierta de nieve, para que sea posible discernir la forma de los objetos a gran distancia como a la escasa claridad del crepúsculo.

En Escocia, en las Shettland, en Escandinavia, en América del Norte, y sobre todo en Laponia, en las orillas de la bahía de Hudson y en las islas polares, es donde reinan largas noches de varias semanas o de varios meses, y allí hay que ir a contemplar esas vastas conflagraciones aurales de la atmósfera. En 1838 y 39, una comisión científica francesa acampada a orillas del Alten-Fjord, en el 70° de latitud Norte, observó en 206 días 153 auroras boreales, sin contar seis o siete fenómenos de ese género, dudosos, y

64 de ellas se presentaron durante el período nocturno de 70 días que duró, desde el 17 de octubre de 1838 hasta el 25 de enero de 1839. Los individuos de la expedición, aguardaban la vuelta periódica de aquellos incendios del cielo como apariciones regulares. Cuando faltaba la aurora, estaba gran parte del cielo cubierto de nubarrones.

Las primeras claridades, dudosas aún, aparecen en el horizonte del Norte como indeciso albor. Ancho segmento sombrío de nubes, en el cual ha creído conocer Bravais la masa de brumas que pesa en lontananza sobre el mar, se dibuja a través del cielo, dirigiéndose al polo magnético, pero pronto aparece una curva luminosa encima del recio estrato de los vapores, semejante a inmenso arco extendido de uno a otro extremo de la tierra. La claridad, de un color blanco amarilento, se hace cada vez más resplandeciente sin extinguir el fuego de las estrellas que rutilan a través de ella; fulgura, ondula y se mueve como la llama sacudida por el viento; repátese a veces en masas simétricas; parece que se ven los huecos iluminados de un edificio cuya fachada permanece oscura; a veces un segundo arco luminoso, o dos o más, se redondean encima del primero, y sus ráfagas concéntricas de fuego brillan en lo más alto del firmamento. Durante algún tiempo, no iluminan el espacio más que esos arcos, pero súbitamente brotan de ellos hacia el cénit rayos de colores en haces convergentes. En la base son verdes, en el centro amarillos dorados, en lo alto rojos purpúreos. Esos colores se suceden con regularidad en los chorros de luz, aumentando con el esplendor de su claridad la belleza de los más brillantes colores. Según Hansteen, rayos negros o de color morado oscuro alternan con las fajas de luz, y con el contraste las hacen más deslumbradoras. Cuando la aurora boreal arroja así al cielo sus chorros de diversos colores, la variedad de sus formas mudables es infinita; ya las dos bases del arco dejan de descansar en el horizonte y la masa luminosa ondula y se repliega sobre sí misma como inmenso cortinaje; ya los haces de rayos, detenidos bruscamente en el cielo, parecen formar una cúpula de oro; a veces

se separan unos de otros como entre columnas de humo, y sucesivamente las claridades de la aurora se extinguen y se encienden. Los rayos, a los cuales llaman los canadienses *merry dancer's* o bailarines alegres, varían sin cesar de longitud y resplandor; la misma tierra, casi siempre cubierta de nieve cuando brilla el incendio magnético, aparece ya clara, ya oscura, por su contraste con los haces flamígeros. En el cénit magnético, hacia el cual se dirige el polo meridional de la aguja imantada, el cielo parece oscurecerse, pero en derredor, los rayos convergentes que proceden del horizonte del Norte y que se prolongan alejándose unos de otros hacia el horizonte del Sur, forman una especie de corona. Aquel es el momento más brillante del fenómeno. En seguida el brillo de los arcos y de los rayos va disminuyendo; se los ve palpar, digámoslo así, como si la llama ahogada tratara de revivir, pero acaba por extinguirse, y no van quedando de trecho en trecho más que placas aurales que emiten escasa claridad, como lejanos relámpagos; después parece que se ve una vaga fosforescencia en los *cirri* blanquecinos. Generalmente, la aurora magnética ha cesado completamente cuando por la parte de Oriente empieza a revelarse otra aurora, la del sol, que se aproxima al horizonte.

La mayor parte de los físicos asignan a las auroras polares una altura considerable. Piensen que los fenómenos se producen en general en un medio muy enrarecido, hacia los límites superiores de la atmósfera, y debemos considerar esa opinión como muy probable viendo la analogía que existe entre los colores brillantes de los arcos y de los rayos de la aurora y los que los electricistas hacen pasar por el espacio. Después de haber confirmado el pensamiento de Hansteen de que las auroras boreales no son arcos de luz, como parece por una ilusión de óptica, sino verdaderos anillos que rodean el polo magnético e irradian a la vez hacia todas las regiones circumpolares del mundo antiguo y el moderno. Bravais trató de medir su altura y vió que por término medio era de 150 kilómetros sobre la superficie

terrestre. Desde aquella época, Elías Loomis, uno de los físicos más distinguidos de América del Norte, ha comparado y discutido de la manera más completa todas las observaciones hechas en diversas latitudes sobre las dos magníficas auroras boreales del 28 de Agosto y del 2 de Septiembre de 1859, y el resultado de sus investigaciones prueba que la elevación media de los rayos era efectivamente muy considerable cuando apareció la primera aurora. El extremo inferior de los cohetes se encontraba a 74 kilómetros de altura, mientras su extremo superior llegaba a la enorme elevación de 859 kilómetros. Los rayos de la segunda aurora se prolongaban en el cielo, de una altura de 80 kilómetros hasta 796 sobre el nivel del mar. Calculando por métodos análogos la altura de 30 auroras boreales, se ha visto que el punto extremo de donde brotan los cohetes hacia la tierra viene a estar a 715 kilómetros del suelo y que los trazos de fuego suelen tener 650 kilómetros de longitud. Verdad es que observadores más antiguos habían deducido resultados muy distintos: algunos llegaron a afirmar, por la observación de fenómenos de los reflejos en las nubes, que ciertas auroras se producen en las regiones inferiores del aire a 1.000 y 1.400 metros nada más. Parece que a orillas del lago Scarig, en Escocia, se han visto salir rayos luminosos de una roca, pero es probable que esas claridades fueran fenómenos secundarios. Sea de ello lo que fuere, no puede dudarse que las auroras tienen por teatro la atmósfera, porque siguen el movimiento general de la rotación del globo en dirección de Oeste a Este.

Cuentan los habitantes de las poblaciones del Norte que generalmente las auroras van acompañadas de detonaciones, pero en ningún caso observado científicamente se ha notado ningún ruido que pareciera proceder del aire. De todos modos, como hace notar Becquerel, no sería de extrañar que las láminas de hielo que componen los *cirri* crepiten ligeramente bajo la influencia de las corrientes que las atraviesan. En efecto, encima de una atmósfera llena de cristales de hielo se producen generalmente las auroras; los obser-

Los vadores pueden reconocerlo inmediatamente después de cesar el fenómeno, viendo que las nubes formadas de moléculas heladas se encuentran precisamente en la dirección del punto del cual brotaban más brillantes claridades. Y como observa muy atinadamente Loomis, cuando se ve brotar la luz, se siente uno inclinado a escuchar los rumores del aire y se oye con mucha frecuencia lo que se quiere oír. Los antiguos germanos notaban el silbido del mar cuando el sol, al ponerse, semejante a un disco de hierro candente, se sumergía en el agua.

Las auroras pueden durar mucho tiempo, hasta 36 o 48 horas; durante la semana que empezó el 28 de Agosto de 1859, parece que el fenómeno no dejó de manifestarse con distintas intensidades encima del territorio de los Estados Unidos. En medio del día, la disposición de las nubes y las inquietudes de la brújula revelan entonces la aurora invisible. En 1786 Löwenorn ha reconocido, después de salir el sol, los cohetes luminosos de una faja boreal por lo brillantes que eran, pero el fenómeno suele presentarse durante la noche. Los rayos de color, que ejercen tan gran influencia en los movimientos de la aguja imantada, suelen aparecer antes de las diez de la noche y pocas veces se ven después de las cuatro de la mañana. Bravais hace notar que por término medio las auroras boreales que presenció en su expedición polar empezaban sobre las 7 y 32 minutos de la noche; entonces se redondeaba el arco luminoso en el cielo; pronto empezaban a brotar haces de rayos hacia el cénit; aparecían las placas aurorales, y sobre las tres y media de la mañana se desvanecían en el espacio las últimas claridades. Durante el invierno, que viene a ser la noche del hemisferio septentrional, avanzan las auroras boreales más hacia el Sur y se presentan a los habitantes de la zona templada. Los períodos durante los cuales se reproducen esas perturbaciones magnéticas con mayor frecuencia, son los de los equinoccios, al principio y al fin de la estación de invierno. El mes de junio es el más pobre de todos en meteoros de ese género. Boné, que ha hecho la estadística

de todas las auroras boreales observadas científicamente hasta 1860, no contó más que sesenta en el mes de junio, cuando en marzo hubo 458 y en octubre 498, en la época de los equinoccios.

Diga lo que quiera el ilustre meteorólogo Glaisher, es probable que las auroras magnéticas tienen también su periodicidad, como los demás fenómenos de la Naturaleza. Eso hace constar el catálogo de las observaciones hechas en Europa y en la América del Norte desde fines del siglo XVII hasta nuestros días. En 1697 las auroras eran poco numerosas, pero aumentaron gradualmente hasta 1728, para disminuir otra vez. En 1755 las apariciones de auroras eran muy raras, y se hicieron más o menos frecuentes a fines de siglo; en 1812 aun estaban en el *minimum*, pero a contar desde 1825, el número de auroras crece muy rápidamente; después de haber sido por término medio una al año, llega a 30 y 40 en el mismo espacio de tiempo. Resulta de la discusión de todos estos hechos que el ciclo de las auroras es de 58, 59 ó 60 años, y tal vez se subdivide éste en seis períodos de 10 años, que corresponden, según observaciones de Schwabe, con las alternativas de igual duración que presentan las manchas del sol: las fluctuaciones de las tormentas aurorales serán entonces fenómenos astronómicos. Difícil es explicar hoy por qué se muestran más a menudo las auroras en ciertos lugares del mundo antiguo y moderno que en otros situados a igual distancia del polo magnético. Lo incontestable es que este último punto no está lejano del centro del anillo de luz; en nuestro hemisferio el punto culminante del arco luminoso se encuentra poco más o menos en la dirección de la península de Booltira Félix, donde Ross vió el polo austral de la aguja imantada dirigirse hacia el centro de la tierra. En Noruega hay que mirar al Noreste para ver las auroras boreales; en Groenlandia se muestran directamente al Oeste, y en la Isla Melville Parry las ha contemplado en el horizonte del Sur. No hay que creer que esas tormentas magnéticas sean muy frecuentes en las altas regiones circumpolares; al contrario,

son bastante raras, si ha de juzgarse por los relatos de los exploradores que más han avanzado hacia el Norte. Hayes, durante su estancia en el Estrecho de Smith, no vió más que tres fenómenos de este género. Alrededor del espacio boreal desprovisto de auroras, es decir, en la Groenlandia meridional, el archipiélago polar, el Norte de Siberia y el Spitzberg, se extiende una zona de 500 kilómetros de anchura media, donde suelen brillar unos 40 meteoros luminosos al año. La zona mucho mas ancha que comprende la bahia de Hudson, el Labrador, Islandia, el Norte de Escandinavia, es más rica en auroras; se presentan, por término medio, 80 al año; más al Sur se extiende otra tercera zona donde esas perturbaciones magnéticas son cada vez menos numerosas; por último, en las regiones templadas esos fenómenos son raros, y hacia el trópico de Cáncer casi no se conocen. En la Habana no se han visto en 100 años más que seis auroras boreales.

Cierto es que muchas de esas tormentas magnéticas se presentan a un tiempo en todo el contorno del hemisferio septentrional. Los observadores han señalado la aparición de la aurora del 28 de agosto de 1859 en un espacio de más de 150 grados de longitud, desde California hasta los Montes Urales. La que brilló cuatro días después se vió en las islas Sándwich, en toda la América del Norte, en Europa, mientras en diversas estaciones de Siberia, donde el cielo estaba cubierto, las palpitaciones de la aguja imantada dieron testimonio de las perturbaciones del espacio. El mismo día pudo comprobarse con certidumbre, por primera vez, la aparición simultánea de auroras flamígeras en ambos lados de la tierra, en el ciclo del hemisferio boreal lo mismo que encima del Cabo de Buena Esperanza, de Australia y de América meridional. En aquel momento se veían en el Labrador, en Filadelfia, en Edimburgo, en Argelia, en Valparaíso, los haces luminosos que brotaban de las regiones polares; la tormenta era visible en más de la mitad del planeta. Así se confirmó el hecho (presentido por los meteorólogos) de que las auroras boreales y las australes se

producen al mismo tiempo en ambos hemisferios bajo la influencia de la misma corriente. De 34 auroras observadas en Hobarton (Tasmania) desde 1841 hasta 1848, 29 coincidieron con fenómenos del mismo género, notados en Europa o en América del Norte, y todas se conocieron en el otro extremo de la tierra en las perturbaciones de la brújula.

Desde los tiempos de Forster se viene repitiendo que las auroras boreales y australes presentan en el color de sus fulgores notables contrastes; las claridades que brotan de los espacios antárticos se dice que son de color palido azulado, más débil que en las regiones árticas, como el color de los haces luminosos difiere en los dos polos de un cristal electrizado. Sea de ello lo que fuere, es lo cierto que los extremos de la tierra están en íntima relación el uno con el otro, por el flúido que circula sin cesar por los aires y por las masas del globo. Las investigaciones de Becquerel y otros físicos hacen suponer que las capas superiores de la atmósfera están casi siempre cargadas de electricidad positiva, y por su parte las capas más calientes que descansan en el suelo y en la superficie de los mares tienen la electricidad contraria. A consecuencia de la enorme evaporación que se produce en los mares tropicales, la humedad que se eleva a suelo y en la superficie de los mares tienen la electricidad positiva, sostiene en la atmósfera superior un estado de tensión constante, pero violentas tempestades, acompañadas de abundantes lluvias, reconstituyen frecuentemente el equilibrio. Fuera de la zona tropical, las capas de arriba y las de abajo menos electrizadas no se unen ya con súbitas descargas, y se encuentran y se neutralizan ambas electricidades contrarias por medio de los silenciosos cohetes de las auroras polares. Esa es la teoría. De cualquier modo, es lo cierto que las auroras son fenómenos eléctricos, puesto que obran sobre los alambres del telégrafo a modo de baterías, y los colores de los arcos, de los cohetes y de las placas aurales, son precisamente los de la chispa eléctrica ordinaria que pasa a través del aire enrarecido. Al mismo

tiempo las auroras son fenómenos magnéticos, según lo demuestra su poderosa acción sobre los movimientos de la brújula; aunque se produzcan en la atmósfera y no dejen de acompañar al globo en su rotación diaria, también deben de ser fenómenos de orden astronómico que obedecen en sus períodos sucesivos a los ciclos del sol. Atracción solar, magnetismo, electricidad, fuerzas todas que se transforman armoniosamente unas en otras y trabajan así de concierto para modificar constantemente y restablecer luego el equilibrio de la atmósfera.

III

Magnetismo terrestre.—Declinación, inclinación, intensidad de los movimientos de la brújula.—Polos y ecuador magnéticos.—Líneas isógenas y sus variaciones seculares, anuales y diarias.—Líneas isóclinas.—Líneas isodinámicas.

Esa movilidad incesante que es el carácter de todos los fenómenos del clima, se manifiesta sobre todo de un modo asombroso por las perpetuas oscilaciones de las corrientes eléctricas. El magnetismo, fuerza tan misteriosa todavía que, semejante al flúido nervioso de los cuerpos organizados, hace vibrar sus ondulaciones invisibles de los polos al Ecuador, ha transformado el planeta en un imán gigantesco. Bajo la influencia del calor del sol que da la vida a nuestro globo, una especie de estremecimiento recorre sin descanso la envoltura planetaria; corrientes de electricidad, cuya marcha incesante de Este a Oeste descubrió Ampère en sentido inverso a la rotación del globo, rodean la superficie terrestre como con inmensa hélice y sostienen entre ambos polos una actividad magnética exactamente análoga a la que se produce en la superficie de una bola alrededor de la cual se hubieran arrollado hilos de metal. Todos los cuerpos están más o menos influidos por esas corrientes y deberían orientarse según ciertas direcciones regulares si su

volumen, su peso y la cohesión de sus moléculas no les impidieran obedecer de una manera perceptible a la fuerza que las solicita. El poder del gran imán terrestre equivale, según Ganos, a 8.464 trillones de veces la potencia del más enérgico imán artificial, y sin embargo, esa virtud tan grande del planeta se conoce desde hace muy poco tiempo. Hasta el año 1700 no dibujó Halley el primer mapa magnético, y apenas han transcurrido 700 años desde que en Europa los marinos de Amalfi, de Provenza y de Liguria aprendieron de los árabes o descubrieron por sí mismos los movimientos de la aguja imantada, primer testimonio de esa corriente magnética que existe en cada molécula del planeta. Hace 2.000 años que los navegantes chinos conocían la notable propiedad de la brújula.

En los primeros tiempos se creía que esa aguja se dirigía constantemente hacia la estrella polar, o más bien hacia el polo del planeta, pero los pilotos que se dirigían osadamente a Canarias o a Islandia, y hasta los del Mediterráneo, pudieron comprobar que la punta de la brújula no indicaba invariablemente el Norte y que se separa, según las latitudes, un número de grados mayor o menor, a derecha o izquierda de esa dirección normal. En 1268 se dirigía 7° y medio hacia el Este en Lucera (Italia meridional), como indicó P. Pelerin de Maricourt. Colón, en el viaje que le hizo descubrir el Nuevo Mundo, notó también que la separación de la brújula puede pasar de varios grados al Oeste del polo astronómico, y se dice que tuvo que tranquilizar a sus marineros, asustados por el imprevisto fenómeno; más tarde, las expediciones de Magallanes, de Drake y otros circunnavegantes del mundo, revelaron la amplitud total que pueden presentar, con relación al polo, las diversas posiciones de la aguja imantada. Esas posiciones oblicuas, a la derecha y a la izquierda de la línea del meridiano, se conocen con el nombre de *declinación*.

La desviación de la brújula no es el único hecho que haya que observar para conocer la acción magnética de la tierra. En 1576, el inglés Norman fué el primero en ver

que la aguja no ocupa una posición horizontal en las latitudes de Europa. Si se sube hacia el polo magnético del Norte, la extremidad septentrional de la aguja se inclinará cada vez más hacia el suelo, y en el mismo polo estará completamente derecha. Si rebaja hacia el Sur, la brújula estará cada vez menos oblicua al horizonte, y después, sobre una línea ideal que se llama el Ecuador magnético, estará perfectamente paralela al suelo para inclinarse más allá, con su extremo meridional, y torcerse cada vez más hasta el polo magnético del Sur, donde la punta de acero será completamente perpendicular. Ese fenómeno se llama *inclinación*.

Es más: si se hace desviar la aguja de su dirección normal, oscilará más o menos rápidamente para volver a ella, según la parte del globo en que se encuentre. Esas oscilaciones, análogas a las del péndulo, revelan la intensidad mayor o menor de las corrientes que se producen en las diversas comarcas y varían en cada lugar, como la declinación y la inclinación. Además, esas diferencias locales nada tienen de permanente. La dirección y la fuerza de esas corrientes magnéticas que se propagan por la superficie del planeta no dejan de cambiar cada hora, cada día, cada año, de ciclo en ciclo, conforme con las leyes de periodicidad, cuyos elementos no ha encontrado aún la ciencia. Entre las grandes manifestaciones de la vida planetaria, corrientes fluviales y marítimas, peso de la atmósfera, presión del vapor de agua, alternativas de los vientos, oscilaciones de los climas, no hay fenómenos más rápidos ni más mudables que los del magnetismo terrestre.

¿Cuál es la causa probable de esas corrientes, que se estremecen alrededor de la tierra y bajo cuya influencia no deja de agitarse la brújula, como la veleta ante la presión de los vientos? Esa causa debe buscarse a la vez en los movimientos de la tierra y en los del sol, que es el gran manantial de la vida terrestre. El contraste de las tierras y las aguas, desigualmente repartidas en ambos hemisferios, la diferencia de temperatura entre las capas aéreas, la rota-

ción diversa del planeta alrededor de su eje, su revolución anual alrededor del sol, la diferencia de las velocidades angulares que animan a las diversas partes de la superficie del globo entre Ecuador y los polos, el crecimiento o la disminución de rapidez que experimenta la tierra al aproximarse o a alejarse del sol, la rotación propia del astro central, por último, los diversos fenómenos periódicos a que está sometido su movimiento en el espacio hacia regiones desconocidas del cielo, la aproximación de un planeta perturbador, hasta el roce del esferoide terrestre con las masas etéreas que la rodean, desarrollan sin cesar la energía magnética del globo, como una hélice inmensa recorrida por torrentes de electricidad. En este suelo, que parece inmóvil, donde se elaboran tantos gérmenes ocultos, donde se preparan tantos fenómenos futuros, circula sin reposo, como río inagotable, la corriente misteriosa. Bajo el influjo del sol, se precipita o se retrasa, se mueve en uno o en otro sentido, pasea por la redondez del globo su ecuador y sus polos; obedece sin cesar a las leyes armoniosas de los astros, y sin embargo, parece no ser más que un capricho de la tierra, a consecuencia del crecimiento múltiple de los fenómenos de tan diversas periodicidades. Lo mismo que la fina aguja imantada tiembla y se agita, como un ser enloquecido, en su caja colocada cerca del gobernalle del barco, también en la tierra entera las corrientes magnéticas oscilan y se mueven sin descanso; obedeciendo en seguida a las influencias cósmicas que se notan a la larga sobre las otras funciones del globo, pueden ser comparadas razonablemente con los fenómenos nerviosos en el organismo animal. A consecuencia de un movimiento vibratorio continuo, las corrientes magnéticas no pueden trazarse determinadamente en el mapa, y hay que limitarse a indicar su dirección media. No hay dos momentos del año en que los movimientos de la aguja sean idénticos en la superficie de la tierra.

Los polos hacia los cuales se dirige la brújula en ambos hemisferios, andan constantemente alrededor de los polos astronómicos del planeta, y no hay que buscar nunca en el

mismo punto su posición exacta. En 1832, el capitán James Ross, que navegaba por el archipiélago polar de América del Norte, llegó a las cercanías del Polo Norte de la brújula, puesto que la punta de su instrumento se dirigía hacia la tierra casi verticalmente. Aquel punto, hacia el cual convergían entonces todas las corrientes magnéticas del hemisferio septentrional, estaba situado en la península de Booltira Félix, a cerca de 20° al Sur del polo terrestre ($70^{\circ}5'$ Norte) y a más de 99° al Oeste del meridiano de París, pero desde aquella época probablemente se habrá movido algunos grados hacia el Este. El polo magnético del Sur no ha sido encontrado hasta ahora por ningún navegante, pero, según los cálculos de Duperrey, de Ganos y otros sabios, se encontrará probablemente a 14 grados 55 minutos del polo antártico, al Sur del continente australiano. Los dos puntos de atracción de la brújula están, pues, situados cada uno en el meridiano de un grupo de continentes, pero no son antipódicos uno de otro, puesto que se encuentran en el mismo hemisferio, separados por un arco de algo más de 161 grados, 29 menos que la semicircunferencia. El ecuador magnético, que es la línea en que la brújula se sostiene perfectamente horizontal a la superficie de la tierra, tampoco se confunde con el ecuador de rotación; se desarrolla siguiendo una línea curva que corta el Ecuador terrestre al Este del archipiélago de las Carolinas para atravesar las islas de la Sonda, las penínsulas gangéticas, la Etiopía y el Sudán, y pasa luego por el Sur de la línea equinoccial cerca de la isla de San Thomas, para desviarse en América, por encima del Brasil y del Perú. Puede decirse de un modo general que el ecuador magnético se encorva hacia el Norte de los continentes del mundo antiguo y hacia el Sur en el Nuevo Mundo. Hoy mueven esa línea lentamente de Este a Oeste sus puntos de cruce con el Ecuador terrestre.

Los dos polos magnéticos ocupan, con relación al eje de la tierra, una posición oblicua, puesto que uno está situado bajo el meridiano de Australia, de lo cual resulta que las corrientes se propagan oblicuamente por la superficie del

globo. En vez de andar de Norte a Sur, la fuerza misteriosa se mueve siguiendo curvas no paralelas que, en una parte de la tierra, en la cara atlántica, se repliegan hacia el Oeste, y en la opuesta se desvían hacia el Este. Las líneas de separación entre ambas zonas de declinación occidental y oriental son las únicas partes de la tierra en que la brújula se inclina directamente hacia el Norte. Para indicar de una manera clara la dirección media de la aguja imantada un año cualquiera en las diversas comarcas, se han trazado en el mapa a izquierda y derecha de las líneas sin declinación otras líneas llamadas *isógonas*, porque la brújula forma en todas partes el mismo ángulo con el meridiano terrestre. Estas curvas, que unen todos los puntos de la tierra donde la inclinación media de la aguja no varía, son mucho menos regulares que los meridianos magnéticos. Unas van de Norte a Sur, otras corren en parte de Este a Oeste, otras se repliegan en forma de círculos o de óvalos.

Actualmente, la línea sin declinación que atraviesa el mundo antiguo pasa al Oriente de Snitzberg, llega a Rusia en las cercanías de Arkángel, alcanza la depresión caspiana por el valle del Volga, franquea oblicuamente a Persia, y después de haberse desplegado por junto a Indostán y las islas de la Sonda, como para señalar los contornos generales del continente asiático, se dirige bruscamente hacia el polo magnético del Sur, a través del centro de Australia. Al Oeste de esta línea, hasta más allá de las riberas del grupo continental que constituyen Europa y África, la declinación de la brújula hacia el Occidente va aumentando y disminuye luego encima de la cuenca del Atlántico, para reducirse a cero en las costas orientales del Nuevo Mundo. La segunda línea sin declinación, que podría llamarse línea americana, baja del polo magnético al Oeste de la bahía de Hudson, atraviesa los grandes lagos, pasa por cerca de Filadelfia y de Washington y luego se encorva por el mar de las Antillas, como la otra línea sin declinación se encorvó alrededor del archipiélago de la Sonda, y corta el extremo del Brasil desde las bocas del Amazonas hasta Río de Janeiro.

ro, para correr, atravesando el Atlántico, hacia el polo Sur. Al Oeste de esta línea la desviación de la brújula se hace oriental; crece rápidamente encima del suelo americano y luego con mucha más lentitud a través del Pacífico, y disminuye para encerrar al Este de la China y de Siberia una especie de gran isla magnética donde la declinación es occidental, como la cuenca del Atlántico. Sean cuales fueren las irregularidades parciales de estas dos zonas diferentes de variación, es imposible no notar su concordancia general con los rasgos más salientes de la superficie planetaria. A la declinación occidental corresponden las cuencas del Atlántico, del Mediterráneo y del mar de las Indias; a la declinación oriental el Pacífico. Cuatro continentes. Asia. Australia, América del Norte y del Sur, pertenecen a la última zona; Europa y África forman parte de la zona de declinación occidental.

Durante el transcurso de los siglos, el sistema de líneas isógonas se mueve muy rápidamente en ciertas comarcas de la tierra. En los mares de Spitzberg, al Oeste de las Antillas, en diversas regiones de la China, la dirección media de la brújula no ha variado de manera perceptible en un siglo, pero no ocurre lo mismo en la Europa Occidental. En París, cuando se hicieron las primeras observaciones regulares sobre el magnetismo terrestre, la declinación de la brújula era oriental, y en 1580 llegaba a 11 grados 31 minutos al Este del meridiano. En 1663 la declinación no existía ya en ningún sentido, dirigiéndose exactamente al Norte la aguja imantada. Desde entonces no dejó de aumentar la declinación al Oeste durante más de siglo y medio hasta 1814, época en la cual el ángulo formado por la brújula con el meridiano terrestre no era menor de 22 grados y 34 minutos. En nuestros días la aguja retrocede hacia el meridiano, y en el año 1864 el ángulo no era más que de 18 grados y 30 minutos; el retroceso viene a ser, pues, de cinco minutos al año, pero se ha verificado de un modo muy desigual y en ciertos años la declinación occidental, ha crecido bruscamente. No puede dudarse de que estas oscila-

ciones seculares de la corriente magnética forman parte de un ciclo cuya duración corresponde a la del algún gran fenómeno astronómico. Según Chazallon, ese período es en París de 428 años, y la aguja imantada se dirigirá de nuevo exactamente hacia el Norte el año 2.151. La línea sin declinación viaja poco a poco de los confines de Rusia y atravesará sucesivamente Polonia y Alemania, para recorrer Francia, pasar por encima del Atlántico y recobrar su movimiento de retroceso hacia Oriente. Apesar de este balanceo secular de las fuerzas magnéticas, es probable que en su conjunto las corrientes nunca acaben por seguir exactamente las mismas direcciones en la superficie de la tierra; los polos, el Ecuador y los meridianos, se mueven sin cesar, la red de las líneas magnéticas se transforma eternamente, lo mismo que la posición relativa de los astros en el espacio.

Mientras se lleva a cabo esa larga variación secular, la aguja imantada no deja de estar agitada por oscilaciones en períodos más cortos. Las que se verifican en el transcurso de un año se relacionan de una manera evidente con la posición relativa de la tierra y el sol, porque sus diversas fases coinciden con los equinoccios y los solsticios. En la Europa occidental, Cassini fué el primero en comprobar que la brújula se aproxima gradualmente al meridiano, caminando hacia el Este, durante el período comprendido entre el equinoccio de Marzo y el solsticio de Julio; después la aguja imantada vuelve a emprender la marcha hacia el Oeste, pero retrasándose poco a poco y hasta fines de invierno no alcanza su mayor declinación hacia el Oeste; para volver a su punto de partida, emplea tres cuartas partes del año. En América, la marcha es diferente, lo cual procede indudablemente de la diferencia de declinaciones. La amplitud total de las variaciones anuales presenta una irregularidad muy grande; en París en el año 1784, fué de unos 20 minutos.

Las variaciones diurnas difieren también en todos los puntos de la tierra; en Francia, donde la amplitud observada oscila entre 5 y 25 minutos, la aguja se dirige de Este

a Oeste entre ocho de la mañana y una de la tarde; luego vuelve a dirigirse al Este y a las diez ocupa casi la misma posición que por la mañana. En las comarcas próximas al polo boreal, la amplitud de las variaciones diurnas es generalmente mayor que en la zona templada, y en las regiones tórridas esas variaciones son menores, mientras en las australes los movimientos diurnos son cada vez más considerables hacia el Sur. Como se producen en orden inverso al de los observados en el Norte, es probable que los dos hemisferios de variaciones opuestas estén separados uno de otro por una línea en la cual se mantiene inmóvil la brújula; de todos modos, no se ha descubierto con certeza ese ecuador sin variaciones que parece que no ha de concordar con el Ecuador magnético.

Así como se han trazado en el globo líneas isógonas para indicar la declinación de la brújula en distintos años, también las hay *isóclinas* que se suceden a cada lado del Ecuador magnético, en las partes de la tierra donde la aguja imantada se inclina hacia el suelo el mismo número de grados. Esas líneas isóclinas suelen ser de curvas más regulares que las líneas isógonas, pero también se desvían bajo el influjo de las formas continentales. En el hemisferio del Sur es donde más principalmente se nota esa influencia. Así, la isóclina de 50° sigue las costas de la América Central y después de haber atravesado la cuenca del Atlántico, recorre oblicuamente las depresiones del Sahara, del Mediterráneo Oriental, del mar Caspio y al Norte da vuelta a las montañas de Tibet. La línea isóclina de 70° se desarrolla a lo largo de las riberas occidentales de la América del Norte, de la península de Alaska a las costas del Oregón, mientras en el mundo antiguo sigue la depresión formada por la Mancha, el mar del Norte, el Báltico y el golfo de Finlandia. Por último, la línea de 80° sigue a distancia las riberas polares de América para recorrer luego las costas orientales del Labrador y Groenlandia y repliegarse en inmensa curva alrededor de Escandinavia. Como los demás fenómenos magnéticos, la inclinación sufre tam-

bién incesantes variaciones periódicas y accidentales. pero esas variaciones no se han estudiado tan bien como las de la declinación. En París, la aguja se inclina cada vez menos desde 1671; entonces se inclinaba 75° y en 1864, $66^{\circ}3'$; la disminución ha sido, pues, de algo menos de 3 minutos; las observaciones hechas en Londres y en otras varias ciudades de Europa occidental conducen al mismo resultado. Las variaciones mensuales son relativamente menores que las de la declinación; en verano tienen mayor amplitud.

Las líneas isodinámicas, es decir, las que reúnen los puntos de la tierra donde los movimientos de la aguja imantada tienen igual intensidad, se parecen en la mayor parte de sus curvas a las líneas isóclinas, pero no coinciden con éstas. El ecuador dinámico, línea donde la intensidad del magnetismo terrestre se manifiesta con menos fuerza, se desvía también en el hemisferio meridional para atravesar el Perú y el Brasil, cerca de Río de Janeiro, y luego sube oblicuamente por el continente africano hacia las penínsulas meridionales de Asia y el archipiélago de la Sonda; en ese ecuador, los movimientos de la aguja son más lentos en el Atlántico, en aguas de las costas brasileñas. A cada lado de la línea de menor fuerza, la intensidad magnética crece hacia el Norte y hacia el Sur, pero de una manera desigual, pues la línea isodinámica de la Florida se repliega al Norte hasta Escandinavia y la de la Carolina del Sur rodea las riberas americanas y pasa a Groenlandia. En las regiones australes no existe, a lo menos hasta ahora, más que un polo dinámico, situado a más de 16° del polo planetario, cerca de las montañas heladas descubiertas por James Ross; allí son más intensos los movimientos de la brújula, y unas tres veces más rápidos que en los mares brasileños. En las comarcas boreales hay dos polos dinámicos; uno al Oeste de la bahía de Hudson; otro al Norte de Siberia, cerca de las bocas de Lena. Como las líneas isotérmicas, con las cuales tienen gran analogía, las líneas de intensidad igual tienen sus dos polos que ocupan una posi-

ción simétrica, una al Norte del mundo antiguo, otra al Norte del nuevo. Como hizo observar Duperrey, esa semejanza de las líneas isotérmicas e isodinámicas es una prueba de la relación íntima que existe entre el magnetismo terrestre y la temperatura.

CAPÍTULO V

LOS CLIMAS

I

*El calor solar.—Irregularidades de los climas locales.—
Igualdad de la temperatura encima de la superficie
del suelo*

TODOS los hechos de geografía física, el relieve de continentes y de islas, la altura y dirección de los sistemas de montañas, la extensión de los bosques, de las llanuras y de los campos cultivados, la anchura de los valles, la abundancia de aguas corrientes, la forma de las riberas, las corrientes marítimas, los vientos y demás meteoros de la atmósfera, vapores, nieblas, nubes, lluvias, relámpagos y truenos, efluvios magnéticos, o dicho como Hipócrates, con mayor brevedad, "lugares, aguas y aires" constituyen en su relación con la longitud y la altitud lo que se llama el clima de un país.

Los fenómenos climatéricos más importantes son los de la temperatura, porque los meteoros en sus diversas alternativas en la superficie de continentes y mares dependen sobre todo del calor. Las regiones más cálidas que sirven de foco de atracción para poner en movimiento todo el sistema de corrientes atmosféricas, y también entregan a los vientos del espacio la humedad destinada a dispersarse en nubes y a caer más lejos hechas nieve y lluvia. Por su acción sobre la tierra y las aguas, los rayos del sol dan el primer impulso a todo cuanto se mueve en la superficie del

globo; la vida de nuestro planeta depende del astro luminoso. Verdad es que la tierra tiene su calor propio como todos los cuerpos del espacio, pero sea cual fuere la temperatura desconocida de las capas profundas, la de la superficie procede únicamente del gran foco de calor cuyos rayos vibran sin cesar en el éter hasta los astros más apartados del sistema planetario. Cuando se eleva el sol sobre el horizonte, la tierra se calienta; se enfría cuando aquél baja del cénit, y en cuanto el astro ha desaparecido, el calórico recibido durante el día irradia en los espacios. Las oscilaciones de calor y frío relativo que se experimentan desde el día a la noche y desde el invierno hasta el verano dependen totalmente de los movimientos y variaciones del calórico derramado por el sol sobre la tierra al volver a las regiones del cielo. El termómetro mide las incesantes alternativas, pero como el calor del aire y el del suelo varían en todo tiempo y en cualquier lugar, la serie de temperaturas que se suceden en diversas localidades o hasta en un sólo lugar, llega a ser infinito, y para darse cuenta de los fenómenos de calor y de frío hay que obtener, comparando los instrumentos en horas y períodos regulares, términos medios de la temperatura diurna mensual, anual y secular. Esa es una labor de las más difíciles, porque había que empezar por librarse de todas las probabilidades posibles de error y saber escoger precisamente como lugar de observación aquel en que las indicaciones del termómetro no sean nunca modificadas por causas especiales, como corrientes de aire o reverberación del calor. Las influencias perturbadoras son tan numerosas, que no hay seguridad de haber determinado de una manera exacta la verdadera temperatura media de una ciudad como París, donde se han hecho millares de observaciones. Renon llega a afirmar que desde hace cien años, los meteorólogos han dado por error a la atmósfera de París una temperatura un grado demasiado alta. El empleo de los instrumentos automotores que trazan por sí mismos en el papel, ya con lápiz, ya fotográficamente, la serie continua de curvas producidas por las oscilaciones de

temperatura, disminuirá muchos los errores probables y facilitará bastante la comparación de todos los resultados obtenidos en localidades diferentes.

Si la tierra fuera un globo de perfecta regularidad y no presentara en su superficie ningún contraste de tierra y mar, de mesetas y llanuras, de nieve y verdor, y estuviera siempre a igual distancia del sol, se establecería un reparto normal de los climas en todos los puntos de la redondez terrestre y se podría medir de una manera exacta el grado de calor por la latitud. En el Ecuador, la temperatura llegaría al máximo y a cada lado de esta línea iría decreciendo hasta los polos; según ha calculado el matemático Lambert, la cantidad total de calor recibido, evaluada convencionalmente en 1.000 en el Ecuador, sería 923 en cada trópico y 500 en el círculo polar. Pero la tierra no es una estera lisa, iluminada siempre con igualdad por los rayos del sol. Estos la iluminan de una manera, según las estaciones, y los trazos de su superficie, por armoniosos que sean en su conjunto, no tienen la perfecta simetría de las figuras geométricas. De eso resulta una intinita variedad de climas. Hay país próximo al círculo polar que recibe más calor que otras comarcas situadas a menos distancia de los trópicos; hay región en la zona templada que arde, comparada con ciertos espacios de la zona ecuatorial. Las temperaturas cambian constantemente de lugar, oscilan, se cruzan, bajo la acción de los vientos, de las corrientes, de los meteoros, de la vegetación; indicadas por líneas en el contorno de la tierra, torman un enrejado inextricable, del cual únicamente pueden distinguirse los rasgos principales. Cada estación, cada día, cada minuto acrecienta el enlace de esas diversas temperaturas, porque en ninguna parte se asemejan completamente las evoluciones periódicas de los climas locales. Especialmente en las montañas, la menor diferencia de exposición, la menor diversidad de altura, hacen variar la temperatura de dos lugares vecinos, lo mismo que si estuvieran separados uno de otro por centenares de kilómetros de distancia. Al lado de las estaciones de invierno del

litoral de Provenza y de los Alpes marítimos, como Cannes, Antibes, Villefranche, bien resguardadas por un anfiteatro de colinas, se abren, como fracturas de la corteza terrestre, los abruptos valles del Var, del Lobo, de la Siagne, dando paso al terrible mistral, que, según se cuenta, contribuyó más que Mario en pasados tiempos a expulsar de las Galias a los cimbrios. De modo que las diversas líneas de temperatura igual que los meteorólogos trazan en los mapas, nunca pueden indicar más que términos medios generales, resultantes de todas las líneas extremas que se agitan incesantemente por una y otra parte como cuerdas vibrantes. Y si la temperatura media de un solo sitio es ya difícil de conocer de manera exacta, mucho menos hecedero es determinar con precisión el clima general formado por las resultantes de los climas particulares en cada país.

Las numerosas observaciones hechas en diferentes lugares de la tierra, han demostrado que la temperatura media, tan difícil de determinar en la superficie del suelo, está indicada de una manera permanente a una profundidad variable en el terreno. En efecto, las capas sólidas que componen la envoltura exterior del globo, dejan pasar muy lentamente el calor, ya cuando penetra dentro, ya cuando irradia afuera, de lo cual resulta que las variaciones de la temperatura atmosférica deben alternarse gradualmente y anularse por completo a cierta distancia de la superficie. Por término medio, el calor del día se propaga por el terreno con tal lentitud, que en nueve horas no atraviesa más que la primera capa superficial de 30 centímetros. A profundidades variables de 60 a 130 centímetros, todas las oscilaciones diurnas de frío y de calor han desaparecido por completo en los climas de la zona templada. Las variaciones anuales, de efectos mucho más duraderos, penetran hasta mayor profundidad, pero a consecuencia del retraso que experimentan al ganar los espacios hondos resulta que a pocos metros debajo de la superficie se transforma el orden de estaciones; gradualmente se ha ido retrasando el vera-

no según penetra en el suelo, y no alcanza a las capas de 6 u 8 metros hasta que el invierno ha vuelto a la tierra, y el frío no se nota en aquellas profundidades hasta el verano. En atravesar una capa de terreno de un metro, emplea la temperatura de la superficie todo un mes, y en ese lento trayecto no deja de aproximarse al equilibrio medio anual. En Bruselas el máximo de calor fué notado en la superficie el 22 de julio y no llegó a la profundidad de 8 metros hasta el 12 de diciembre siguiente, o sea 147 días después. El intervalo entre el frío de la superficie el 23 de enero y el de la capa profunda el 18 de junio, fué de 143 días. La diferencia total de las temperaturas del aire, que es en dicha ciudad de unos 20 grados, en la superficie no es más que de un grado a ocho metros de profundidad.

La neutralización completa de la influencia de las estaciones se verifica a diversas profundidades. En las cuevas del Observatorio de París, situadas a 28 metros del suelo, la temperatura es constante; siempre se conserva a $11^{\circ}76'$. En general, puede considerarse que al Norte de Europa todas las influencias exteriores del calor y del frío han dejado de notarse por completo a 24 metros de la superficie. Además, la penetración del calórico y la irradiación han de ser tanto más rápidas cuanto mejores conductores sean los terrenos y cuantos más poros tengan para que penetre el aire de la superficie; los experimentos hechos en Edimburgo por Forbes demuestran que el asperón hullero es una de las rocas que más paso dan al calor, porque el equilibrio de temperatura no se produce hasta una profundidad de 32 metros. En las comarcas donde la diferencia anual entre el calor del verano y el frío del invierno es muy considerable hay que buscar muy abajo el punto donde se neutralizan todas las variaciones anuales; en cambio, en los países donde los climas de las diversas estaciones apenas varían, se iguala la temperatura anual a pocos decímetros de la superficie. Bourringault ha comprobado que para conocer el clima de Nueva Granada y del Ecuador, basta en ciertos lugares con introducir el termómetro a 5 o 6

decímetros en el suelo. En los climas polares, donde la temperatura media de la atmósfera es inferior a cero, las raras observaciones que se han hecho tienden a demostrar que la zona de neutralización de las influencias exteriores está más cerca de la superficie que en los climas templados y que tienen en ciertos sitios de la Nueva Bretaña una profundidad de 3 o 5 metros. En Yakutz, donde el término medio termométrico es de $-9^{\circ}7$, se encuentra la misma temperatura a menos de 15 metros; debajo, el terreno es cada vez menos frío por la influencia del calor terrestre, y a los 120 metros tocan los instrumentos de sondeo capas de terreno que no están heladas.

Los manantiales, lo mismo que el terreno, pueden dar la temperatura media de una comarca, gracias a haber pasado por las cavidades de las rocas; y al colocar un termómetro en el pilón de las fuentes, tratan los viajeros de averiguar el clima medio de las regiones que recorren. Esas observaciones son utilísimas, pero no pueden sustituir al estudio largo y paciente del calor atmosférico. Hay manantial más frío que el aire ambiente, porque sus aguas son producto de la nieve derretida o proceden de lluvias que cayeron en las pendientes de las montañas altas; otra fuente, ligeramente termal, ha recorrido galerías hondas, donde su temperatura se ha elevado a consecuencia del calor propio de la tierra; otras han atravesado hendiduras que enfrían o calientan corrientes de aire circulares de las cavernas de los montes. Las ligeras alternativas de calor y de frío que presentan los manantiales son análogas a las del agua de los ríos. Siempre más frescos en verano y más calientes en invierno, los ríos tienen una temperatura tanto más igual cuanto mayor sea su velocidad y menos tiempo estén sometidos a las influencias variables del exterior. En Lyon, aguas arriba de la confluencia de ambos ríos, las oscilaciones de temperatura, durante los diversos meses del año, son 4° menores en el Ródano fogoso que en el Saona apacible.

II

Contraste de los climas entre los dos hemisferios del Norte y del Sur, entre las costas orientales y las costas occidentales de los continentes, entre las riberas y lo interior de las tierras, entre las montañas y las llanuras.

Una de los hechos climatéricos más importantes es el de la distribución desigual del calor en ambos hemisferios. Las observaciones hechas al Sur del Ecuador durante una larga serie de años no son bastante numerosas para que sea posible comprobar, en cada latitud correspondiente de ambas mitades del globo, un contraste de clima, pero considerados en su conjunto, el hemisferio del Norte y el del Sur, difieren ciertamente de una manera notable. Así lo prueban la importancia de los bancos de hielo antárticos comparados con las dimensiones de los campos de hielo del Norte, y los grandes viajes verificados por las flotillas de hielos australes en su marcha hacia el Ecuador. El sistema de los climas, como el de los vientos y corrientes, es atraído hacia el Norte; por lo tanto, la línea de temperatura más alta que separa ambos hemisferios no se confunde con la línea equinoccial y se encuentra rechazado más al Norte. Por el desierto de Sahara, hacia el grado 20 de latitud septentrional, pasa el Ecuador térmico de la tierra. Durante la primavera y el otoño, lo mismo que durante el verano del hemisferio boreal, los calores mayores se notan, no sólo al Norte de la línea equinoccial, sino también al Norte del grado 12 de latitud, cerca del círculo tropical. Únicamente durante el invierno de Europa y Asia es cuando la zona de mayor calor ocupa las regiones ecuatoriales y aun entonces hay regiones en Africa, especialmente la desembocadura de Niger, donde la temperatura más alta se sostiene al lado septentrional del Ecuador. La desproporción que existe entre las masas continentales situadas al verdadero Norte de temperatura y las que se extienden al verdadero Sur es mucho menor de lo que parece a primera vista.

Lo probable es que la causa primera de ese contraste climático entre el hemisferio continental y el marítimo sea de naturaleza astronómica y debe buscarse en la diferencia de relieve que presentan las dos mitades de la órbita planetaria. La primavera y el verano de las regiones boreales son más largos que las estaciones correspondientes en las comarcas australes. Verdad es que durante la estación cálida del hemisferio del Norte, la tierra está más lejos del sol, al cual se acerca durante el período que en Europa y en Asia corresponde al otoño y al invierno. Podría producirse una compensación entre ambos hemisferios en la cantidad total de calor recibido, pero a consecuencia de la inclinación del planeta sobre su eje, resulta además que el número de horas del día es actualmente más considerable que el de horas de noche al Norte del Ecuador, y al Sur son más numerosas las horas de noche. Resulta de ello que las tierras boreales reciben más calor durante el día del que pierden por la irradiación durante las noches, produciéndose el fenómeno inverso en las regiones australes. La resultante definitiva de todos esos contrastes entre los dos hemisferios aun no está establecida con certidumbre, pero no puede dudarse de que constituye una diferencia periódica o permanente entre los climas generales de las dos mitades de la tierra. Según Dove, la temperatura media debe de ser de $26^{\circ}6'$ en el décimo grado de latitud Norte y de $25^{\circ}5'$ en la latitud correspondiente Sur; en el grado 20, los términos medios serán respectivamente $25^{\circ}25'$ y de $23^{\circ}37'$; en los grados 30 y 40 de los dos hemisferios debe de haber una ligera diferencia en favor de las temperaturas boreales. Según Duperrey, hay una diferencia media de un grado entre la temperatura de las dos mitades de la tierra.

Entre las causas secundarias cuyo resultado es volver el clima del hemisferio boreal un poco más cálido que el del hemisferio austral, hay que contar con la distribución de las lluvias. Considerados de una manera general, los mares del Sur son el área de evaporación, los continentes del Norte son el área de precipitaciones. Cuando el agua del Océano

se transforma en vapor, gran cantidad de calórico se hace latente y se remonta con las nubes, cuyas moléculas dilata; con ellas atraviesa el Ecuador y se deja arrastrar por los contraalisios; luego, cuando se lanzan éstos sobre las regiones templadas de Europa y de la América del Norte, bajan también las nubes para resolverse en agua o lluvia; al mismo tiempo, todo el calor latente almacenado en los vapores desde el Océano Pacífico o el Índico se desprende y suaviza la temperatura del aire, donde vuelve a adquirir libertad. De modo que por el mismo hecho de su existencia, los continentes del hemisferio boreal atraen el calor y la humedad necesarios para el desarrollo de su población animal y vegetal, pero también pasan por extremos de temperatura más considerables que los del hemisferio del Sur, donde la inmensa extensión de los océanos modera los grandes fríos y los calores excesivos.

Si hay contraste de temperatura entre el Norte y el Mediodía del mundo, no hay menor oposición entre el Este y el Oeste de los continentes. En igual latitud, las costas de California y del Oregón gozan de un clima mucho más suave que el Japón, la Mandchuria y Nicolaiewsk; la atmósfera de la Europa occidental es tan templada como la de las costas orientales de la América del Norte, a 20° de latitud más cercanas al Ecuador.

Las causas que suavizan así el clima de las riberas orientales en las dos grandes masas continentales del Norte se deben, sin duda ninguna, a las corrientes atmosféricas y marítimas. El Atlántico y el Pacífico boreal tienen ambos su *Gulf-Stream* y sus vientos del Suroeste y esas dos corrientes superpuestas desprenden constantemente efluvios de calor sobre las riberas que bañan con sus ondas. Europa, sobre todo, está favorecida desde este punto de vista; no sólo la calientan al Oeste las corrientes de agua y los contraalisios llegados del Ecuador, sino que gracias al ancho espacio libre de tierras en el cual las tibias olas de los mares tropicales pueden extenderse a orillas del continente, la enfrían poco los vientos polares, que dan mucha mayor frialdad

a la América boreal y a los mares obstruídos por islas nevadas. Mientras el Labrador y la tierra de Hudson tienen un terreno helado hasta gran profundidad, la Europa septentrional proyecta sus islas y penínsulas en un agua renovada sin cesar por las tibias corrientes del Mediodía, y sus mares interiores se abren como otros tantos depósitos para sostener en el centro del continente una temperatura igual a la del contorno. Hay más; inmediatamente al Sur de la Mauritania se extiende el inmenso horno del Sahara que calienta con sus vientos las comarcas de Europa y del Asia Oriental. Bajo el aspecto del clima, las comarcas europeas disfrutan un privilegio especial. El Norte, el Oeste y el Mediodía, se encargan de elevar su temperatura media, y durante el verano, todos los mares cercanos almacenan calor para exhalarlo gradualmente durante el invierno. Únicamente el Este envía a veces vientos secos, muy cálidos en verano, helados en invierno, pero los montes Escandinavos, los Cárpatos y los Alpes se alzan como barreras al paso de esos vientos y resguardan de ellos la Europa occidental. Mientras los vientos del Noreste, que soplan rara vez, elevan la temperatura estival de París y deprimen la del invierno hasta el punto de congelación, los del Sureste igualan el clima trayendo frescura durante el verano y calor durante el invierno.

Otro gran contraste climatérico es el que presentan las riberas del mar y las regiones situadas en la misma latitud, tierra adentro. A consecuencia de la incesante mezcla de aguas que se verifica en su cuenca, el mar iguala las temperaturas; en los parajes próximos a los hielos, arrastra aguas tibias procedentes del Ecuador; en los trópicos recibe el tributo de las corrientes polares; el gran movimiento giratorio de sus olas lleva frescura a las zonas ardientes y da temperatura suave a la región de las nieves. Gracias a su movilidad, el mar no tiene, digámoslo así, grados de latitud: mezcla los climas, atenúa en las riberas que baña los extremos de calor y de frío, sostiene en el orden de las estaciones una marcha más suavemente graduada que

en las tierras apartadas del Océano. De comarcas que sufrirían un frío polar, si no estuvieran situadas junto a las olas, el mar hace pedazos de zona templada; convierte el invierno en una continuación del otoño; prolonga la primavera hasta el verano. Los fríos rigurosos y los calores abrumadores que se sufren en lo interior de los continentes son completamente desconocidos en alta mar; ningún viajero ha observado temperatura oceánica superior a 31° . Se puede juzgar la influencia moderadora del mar por la comparación de los climas de dos ciudades que se encuentran poco más o menos en las mismas condiciones, pero de las cuales esté una tierra adentro y otra a orillas del Océano. Pueden servir de ejemplo Plymouth, bañada por los suaves vapores de la Mancha y Varsovia, colocada casi en el centro del continente de Europa. Liai, que ha estudiado eso de una manera profunda, ha elegido como ejemplos dos puntos mucho más próximos entre sí: París y Cherburgo. Aunque ésta se encuentra a un grado más al Norte que París, tiene una temperatura media más elevada; es de $11^{\circ}29'$ y la de París de $10^{\circ}70'$ nada más. La diferencia es mucho mayor entre los climas de invierno de ambas ciudades, puesto que durante una serie de nueve años, la temperatura media de tres meses de invierno era de $6^{\circ}6'$ en Cherburgo y de $3^{\circ}30'$ en París. La diferencia entre las temperaturas de invierno de las dos localidades es tanto mayor cuanto más intenso es el frío en París, porque precisamente entonces las aguas relativamente tibias del mar ejercen en el litoral su mayor influencia para suavizar el clima. En cambio el mar rebaja en verano la temperatura de Cherburgo, pues en esta ciudad el mes más cálido tiene una temperatura de un grado 46 minutos menos que la de París. En la ciudad de la orilla de la Mancha, los seis meses de octubre a marzo son más cálidos, y los seis de abril a septiembre son más frescos. La diferencia total entre la temperatura anual más alta y más baja, era en París de $43^{\circ}3'$ durante los cuatro años transcurridos desde 1848 a 1852; en Cherburgo no fué más que de $36^{\circ}7'$ durante el mismo

período. Esa diferencia entre los climas del litoral del Continente y del valle del Sena produce una diferencia correspondiente entre las vegetaciones de ambos países. En las cercanías de Cherburgo, las higueras, los laureles, los arroyos y otras muchas especies de árboles y arbustos que perecerían cerca de París, se desarrollan bastante. Lo mismo sucede en todas las costas de Bretaña, especialmente en Roscoff, donde se ve una enorme higuera, que es uno de los monumentos más magníficos del mundo vegetal.

Mayor es todavía el contraste entre las islas rodeadas de vapores marinos, como Irlanda y la Gran Bretaña, y las regiones continentales situadas, como las estepas de Tartaria y las mesetas del Asia Central a más de 1.000 kilómetros de las riberas del Océano. Mientras en Irlanda, bañada por las aguas del *Gulf-Stream* conserva una vegetación constante la temperatura, comparativamente fresca en verano y tibia en invierno, que transforma la isla en una esmeralda de los mares, las estepas situadas en la misma latitud se ven sucesivamente tostadas por el calor y heladas por el frío, y la vegetación es de las más pobres.

En las cercanías de Astrakán, que se encuentra a la misma distancia del Ecuador que los viñedos del Charente, dan las cepas vino excelente, gracias al fuerte calor del verano, pero con la condición de enterrarlas durante el invierno para resguardarlas del frío.

Los otros contrastes climatéricos observados en los diferentes países de igual latitud, proceden de la diversidad de relieves y de terrenos. Altas montañas cambian la temperatura normal de un país, ya deteniendo, ya desviando los vientos cálidos o los fríos, ya también rebajando la temperatura de la atmósfera y privándola de la humedad que contenía. También los bosques ejercen su acción. Resguardan el terreno de los rayos del sol, y después, cuando el calor recibido por la tierra vuelve a los espacios, sus ramas entrelazadas oponen poderoso obstáculo a la irradiación. La influencia general que ejercen en el clima es moderadora como la del mar, aproximan las temperaturas extremas,

refrescando el estío y calentando el invierno. Un suelo húmedo y pantanoso recibe el calor más lentamente que las tierras áridas o los arenales, pero también lo conserva más tenazmente. Cada rasgo exterior del planeta modifica el clima local y lo distingue de todos los climas cercanos en sus oscilaciones diarias, mensuales, anuales y seculares.

III

Líneas isotérmicas.—Ecuador térmico.—Polos del frío.—Aumento de la temperatura hacia los polos.—Mares libres

Humboldt fué el primero que tuvo la idea, hace 50 años, de reunir todos los puntos de la tierra en que las temperaturas medias que se suceden durante el año dan el mismo número de grados de calor; esas líneas ideales, trazadas en la redondez del planeta, son las isothermas, que dan la latitud térmica, muy distinta de la latitud geométrica. Mientras las líneas de los grados, trazadas de 111 en 111 kilómetros paralelamente al Ecuador, tienen perfecta regularidad y corresponden a otras líneas ideales trazadas por los astrónomos en la curva esférica de los cielos, las isothermas forman numerosas sinuosidades de distintas formas en todas las partes de la tierra. Las diversas causas que modifican la temperatura de un lugar, y encorvan por consiguiente dichas líneas hacia el polo o el Ecuador, han sido enumeradas con gran esmero por Humboldt. Después de la latitud, las principales causas son la dirección de las corrientes atmosféricas y marítimas, la altura de la comarca, la disposición de las cordilleras, la forma de las costas, su orientación relativa a los mares vecinos, la naturaleza del suelo y la de la vegetación.

El Ecuador térmico, es decir, la curva de mayor calor medio, a cuyos lados la temperatura disminuye gradualmente hacia los polos, está enteramente situado en el hemisferio boreal, más cálido que el hemisferio del Sur. Según las observaciones de los meteorólogos, esa línea atraviesa

América cerca del istmo de Panamá en el punto de unión de ambos continentes, sigue luego las rutas de Colombia, Venezuela y las Guayanas, hasta la desembocadura del río de las Amazonas, y allí se desvía ligeramente al Sur del Ecuador. Encima del Atlántico, la curva de mayor calor sube oblicuamente hacia el continente africano, al cual le llama el poderoso foco del Sahara, que es la región más calurosa de todo el mundo. Aun no se sabe qué dirección exacta sigue el Ecuador térmico en aquellas comarcas ardientes ni en los desiertos de Arabia y costas de las dos penínsulas gangéticas; lo único cierto es que al atravesar el mundo anti-guo no deja de sostenerse al Norte de la línea equinoccial. En el mar de la Sonda y en el Pacífico, se desvía de nuevo hacia el Sur, y quizá penetre por diversos puntos en el hemisferio meridional. Por la falta de observaciones termométricas recogidas en largo espacio de tiempo, el Ecuador térmico no se puede trazar en los mapas más que de una manera provisional; es una simple aproximación, que otras investigaciones ulteriores acercarán cada vez más a la verdad.

En los diversos puntos de esta línea de mayor calor no es constantemente igual la temperatura. Encima del Océano es de 25 o 26 ; en las costas de Colombia y Guayanas de unos 27; en Calcuta de 28; en las bocas del Níger de 29°'6, y en lo interior de África y Arabia, en muchos lugares adonde no llegan las brisas refrescantes del mar, indudablemente será superior la temperatura media del año.

Los espacios en los cuales reina ese calor excepcional forman, en el recorrido del Ecuador térmico, como unas islas cuyos contornos flotan de trecho en trecho, según las diferencias de relieve de la superficie de la tierra y los fenómenos de la atmósfera. Las investigaciones de Mahlmann han demostrado que también existen en la zona tropical islas de menor calor y que el Ecuador térmico se bifurca alrededor de regiones más frías.

Al Norte y al Sur de esas islas isotérmicas, de temperatura mayor o menor, se desarrollan en toda la redondez

terrestre las sinuosidades de las líneas propiamente llamadas isotermas. En el hemisferio meridional, en el cual los continentes van adelgazándose hacia el Sur, y donde la influencia moderadora del Océano tiende a fundir todos los contrastes climatéricos, las líneas de temperatura anual parece que tienen bastante regularidad, y en el mar Antártico son perceptiblemente paralelas a los grados de latitud. Las curvaturas más marcadas de las líneas del Sur son las que se desarrollan inmediatamente al Oeste del Africa y de América meridional bajo la influencia de los corrientes de agua fría que se dirigen hacia el Ecuador siguiendo las costas de ambos continentes.

En el hemisferio boreal, las sinuosidades de esas líneas son mucho más pronunciadas que en la otra mitad del mundo y cortan los grados de latitud en ángulos muy distintos. Consideradas de una manera general, esas líneas tienen la forma de una ola doble, cuyas crestas se yerguen en las riberas occidentales de Europa y hacia las de California, mientras las depresiones coinciden con las costas orientales del mundo antiguo y nuevo. La ola isotérmica más elevada es la que se levanta en aguas de Nueva Inglaterra, Terranova e Irlanda, y cuyo punto culminante está al Norte de las Islas Británicas; parece el trazado de *Gulf-Stream*; y en efecto, esa corriente de agua caliente es la que rechaza hacia el Norte todo el sistema isotérmico. La línea de 15 grados centígrados que pasa por las costas de la Carolina del Norte, cerca del cabo Hatteras, viene a cortar el Mediodía de Francia, de Bayona a Montpellier a 9° de latitud más al Norte. Entre Nueva York y Dublín, donde la temperatura media es la misma (10°), la diferencia de latitud es de 13: es de 16, cerca de 1.800 kilómetros, entre Quebec y Trondjhem, donde pasa la línea de 4 grados centígrados. Por último, la diferencia es más considerable en la línea de punto de congelación.

Sean las que fueren las sinuosidades de las líneas de igual temperatura, todas indican una disminución más o menos rápida de calor entre el Ecuador y las dos zonas polares.

En el hemisferio boreal se han podido trazar aproximadamente las diversas líneas hasta la que da una temperatura media de -15 grados centígrados, pero más allá las observaciones han sido demasiado raras para poder marcar las líneas cuyo trazado no sea puramente hipotético. La dirección general de las curvas hace suponer que en el círculo polar existen por lo menos dos islas isotérmicas de frío correspondientes a las de calor que se encuentran cerca del Ecuador. Según Breuster, ha de haber en el Océano Glacial del Norte dos de esas regiones de mayor frío, verdaderos polos meteorológicos, que se mueven sin cesar según las alternativas de las estaciones, pero que se sostienen en todas sus oscilaciones a varios centenares de kilómetros de distancia del polo geométrico. Uno de esos polos de frío ha de encontrarse al Norte del continente asiático, cerca del archipiélago llamado Nueva Siberia, y su temperatura media debe de ser de -17° . El polo americano oscilará en medio de las islas occidentales del archipiélago polar, y el frío pasa de -19° centígrados. Las investigaciones de Mühry hacen creer que en el hemisferio antártico existen también dos polos del frío. Las regiones cuyo clima es más riguroso deben estar situadas en latitudes visitadas ya por el hombre, y por consiguiente, el propiamente llamado polo no será esa formidable ciudadela de hielos imaginada en otro tiempo por los geógrafos. Era errónea la creencia en un banco de hielo cuyo mayor espesor estuviera en el centro y cubriera toda la redondez polar; erraban los que se figuraban ambos extremos del eje terrestre inaccesibles a consecuencia del frío.

Además, los cálculos del matemático Plana inclinan a pensar que la cantidad total de calor recibido crece gradualmente desde el círculo polar hasta la depresión central de la zona ártica. Según las investigaciones, muy antiguas ya, del matemático Lambert, se creía que, calculando la insolación total del Ecuador en 700, debía evaluarse en 646 la del trópico de Cáncer, en 516 la del grado 45 de latitud, en 350 la del círculo polar, y en 287 la del polo. Por

haber descuidado algunos elementos de estos cálculos, resulta que la temperatura media, después de haber decrecido gradualmente desde el trópico hasta los límites de la zona glacial, se habría de elevar en seguida normalmente hasta el polo, el cual sería entonces (teóricamente a lo menos) el punto más caliente del casquete ártico. Los fríos serían menos rigurosos en el polo boreal que en las costas de la América del Norte y de Siberia, a 2.600 kilómetros más al Sur. Sea lo que fuere, lo cierto es que durante los seis meses de verano, la insolación es mayor en el polo que en otra cualquier parte de la zona boreal, porque según la frase de G. Lambert, "siempre es mediodía" durante el verano del polo, por la posición relativa de la tierra y el sol. Según los cálculos que hizo Halley hará unos dos siglos, la media estival debe aumentar desde el grado 60 de latitud hasta el polo boreal en la proporción de 9 a 10.

La experiencia de los navegantes polares ha confirmado completamente los datos de la teoría según la cual la serie de isotermas árticas senala un aumento gradual de la temperatura. Al hacer su célebre viaje en 1827, Parry se aventuró con sus osados compañeros por un banco de hielo que se extendía al Norte de Spitzberg. Pensando que aquel banco era un verdadero continente de hielo,^a se lanzó a través de aquellas regiones polares, como si hubiera tenido que atravesar las estepas heladas de Siberia, pero según avanzaban los trineos hacia el Norte, el banco se hacía más ligero y se presentaba resquebrajado; bajaba al Sur, arrastrado por una corriente de desviación, y delante de los viajeros, por la parte del tan deseado polo, se extendía a lo lejos un mar libre, donde apenas flotaban unos témpanos aislados. En el punto extremo de su peligrosa expedición hacia el Norte, descubrió Kane también una inmensa extensión de agua completamente libre de hielos, inmediatamente al Norte del estrecho de Smith, donde los fragmentos revueltos de los residuos de ventisqueros y bancos de hielo forman un dédalo difícil de atravesar. Al Norte de las costas de Siberia, Wrangell y otros navegantes han comprobado tam-

bién la existencia de un mar libre, al cual se ha dado el nombre de Polynia. Por último, en el hemisferio Antártico, James Ross ha encontrado parajes relativamente libres de hielos más allá de aquella alta muralla a través de la cual había tenido que abrirse camino trabajosamente. Puede admitirse como probable que no existe casquete de hielo continuo en ambos extremos de la tierra; más bien habrá un mar libre, de temperatura relativamente elevada, y ceñido por todos lados, ya por islas y archipiélagos, ya por un banco circular. Los dos cinturones de hielo del Sur y del Norte, deben de ser, según C. Grad, como la representación visible de las líneas isotermas de temperatura más baja, y a cada lado irá disminuyendo el rigor del frío.

IV

Extremos de temperatura.—Líneas isoquímenas e isóteras.—Variaciones diarias y mensuales.—Decrecimiento del calor en las capas superiores del aire.—Variaciones de los climas durante el período histórico.

La diferencia total observada en diversos puntos de la tierra entre las temperaturas extremas de frío y de calor, es muy superior a 100 grados. El capitán Bock ha sufrido en Fort Reliance (América inglesa) una temperatura de $-56^{\circ}74'$, inferior apenas a la que se supone que reina en los espacios interplanetarios; un viajero ruso ha observado cerca de Semipalatinsk un frío de 58 grados; es más, Gruelin experimentó (?) en Kiringa (Siberia) el frío verdaderamente terrible de $84^{\circ}4'$ bajo cero, y Dureyrier, viajando por el país de los Tuaregs, ha visto en la columna termométrica indicar un calor de $67^{\circ}7'$. Aun sin tener en cuenta la observación de Gruelin, probablemente errónea, la serie de temperaturas comprobadas comprende de 124 a 125 grados, y seguramente el hombre ha tenido que sufrir con frecuencia, sin poderlos medir, extremos de calor y frío superiores a los que se han observado con regularidad.

Ya en un mismo punto de la tierra, las temperaturas más elevadas y las más bajas, presentan a veces, en el transcurso de un año, la enorme diferencia de 80 grados. En las vastas llanuras heladas de la América del Norte, donde Bock tuvo que soportar el riguroso frío de $-56^{\circ}7'$, Franklin experimentó durante el largo día estival, un calor tórrido de $30^{\circ}5'$. Entre ambos extremos, la escala de temperatura recorrida durante el año es de unos 87 grados. Cerca del Ecuador, las regiones del Sahara, llamadas ardientes, presentan, según Duveyrier, una diferencia termométrica casi tan considerable como la de las comarcas polares de Nueva Bretaña. Y es que a pesar de la diferencia de latitud, los desiertos de Africa y las llanuras graníticas de la América del Norte se parecen por su posición continental y la relativa uniformidad de su relieve. Apartadas del Océano, gran igualador de los climas y desprovistas de altas cordilleras que puedan detener los vientos fríos o cálidos procedentes de los diversos puntos del horizonte, esas comarcas han de sufrir todas las bruscas alternativas de temperatura. Mucho más iguales son los climas donde la acción moderadora de las aguas marinas, como en Swirnam, Canarias y Madera, o el abrigo de una muralla montañosa, como en el litoral de los Alpes genoveses, sostienen una temperatura cuyos extremos se diferencian sólo en 11 o 30 grados. En Francia, país que representa una especie de término medio por muchos de sus rasgos físicos, la diferencia entre los fríos más excesivos y los calores más fuertes, pocas veces llega a 50 grados, y en los años ordinarios no pasa de 45 divisiones del termómetro centígrado. Durante la serie de las observaciones meteorológicas hechas en París desde el siglo pasado, el mercurio del termómetro ha oscilado en $61^{\circ}5'$, en Niza la altura total recorrida ha sido de 43 grados.

De esa amplitud más o menos grande de la escala termométrica en las diversas comarcas del mundo, resulta que las líneas de igual temperatura en cada estación, y mucho más en cada mes, son mucho más sinuosas que las isoter-

mas del año. Se da el nombre de *isoquímenas* a las líneas que unen todas las localidades donde la temperatura del invierno se equilibra alrededor del mismo grado de calor; las *isóteras* son las curvas trazadas a través de las regiones que presentan por término medio la misma temperatura estival. También podrían cubrirse los mapas de líneas *isoe-ras*, o de igual temperatura de primavera, y de líneas *isome-tóporas*, o de igual temperatura de otoño; también podrían dibujarse, a través de continentes y mares, líneas *isómenas*, o curvas de calor medio en cada mes del año; pero las obser-vaciones meteorológicas no son todavía bastante numero-sas para que ese inmenso trabajo pueda ofrecer toda la cer-tidumbre que fuera de desear, por lo cual vale más limitar-se provisionalmente al estudio de las *isóteras* y las *isoquí-menas*, que sobre todas las demás líneas de temperatura estacional o mensual tienen la ventaja de indicar los perio-dos extremos en las alternativas de calor.

La dirección seguida por ambas clases de líneas en Euro-pa y en la América del Norte es un ejemplo notable de la influencia que ejerce en los climas el reparto desigual de tierras y mares. En verano, cuando el hemisferio boreal está inclinado hacia el sol y recibe mayor cantidad de calor, las comarcas situadas en lo interior de los continentes del Nor-te están mucho más calientes que los países ribereños del mar; durante la estación del frío ocurre lo contrario: los vientos y corrientes que vienen de la zona ecuatorial tem-plan el rigor del frío cerca de las costas, mientras a lo lejos, en los espacios continentales, la influencia del Océano y de las corrientes aéreas del Sur se nota mucho menos. Por lo tanto, las *isóteras* se encorvan hacia el Norte en las dos masas septentrionales del nuevo mundo y del antiguo, y se desvían al Sur al pasar por los continentes de América, Eu-ropa y Asia, encorvándose en ciertos lugares a más de 1.000 kilómetros al Norte y desplegándose a través de los mares. El contraste entre las curvas del clima continental y las del clima oceánico es aún más notable cuando, como hizo Kie-pert, se aprecian, para oponerlas unas a otras, las líneas

isotérmicas de enero, que suele ser el mes más frío, y las de julio, que es el mes más caluroso. Especialmente en la Gran Bretaña, esa oposición de los climas de invierno y verano es muy de notar. La influencia benigna del *Gulf-Stream* y de los vientos del Oeste llega hasta replegar completamente las líneas isoclímenas que se desarrollan así del Sur al Norte, en vez de correr de Este a Oeste, paralelas a los grados de latitud.

Compréndese la influencia decisiva que han de ejercer en las plantas y animales esas desigualdades ofrecidas en sus alternativas de calor en regiones que por otra parte tienen la temperatura media; hay especie que soporta bien los rigores del invierno sin temer los ardores del verano, se propaga por vastas regiones en lo interior de los continentes; hay otras especies que temen las temperaturas bajas del invierno, y no pasan, lejos de las costas del Océano, de ciertas latitudes. El alce vive en la península de Escandinavia, bañada por las aguas tibias del *Gulf-Stream*, a 1.100 kilómetros mas al Norte que en Siberia, cuyos frios y calores son excesivos.

El trazado de las diversas líneas isotérmicas se basa principalmente en simples probabilidades, porque entre todos los puntos cuya temperatura se ha observado durante mayor o menor periodo de años o de meses, quedan grandes intervalos no medidos todavía termométricamente. Son espacios inciertos a través de los cuales los meteorólogos no podrán dibujar sus líneas de temperatura igual mientras no puedan apoyarse en una serie de observaciones exactas. Millares de personas en los Estados Unidos, en el Canadá, en las Antillas, en el Indostán y en el Africa meridional han aunado sus esfuerzos con los de todos los sabios oficiales, para anotar las innumerables oscilaciones de calor y frío que al agruparse han de revelar las leyes de la temperatura. Día por día comprueban las variaciones horarias que les permiten luego asentar el calor medio del día, del mes y del año y comparar después el lugar cuyo régimen han estudiado con otras localidades en donde las alternativas

de frío y calor se suceden con mayor o menor analogía.

De los millones de variaciones horarias observadas desde hace un siglo en diversas partes del mundo, resulta que el calor más fuerte del día se suele notar entre la una y las dos de la tarde, y la temperatura más baja se sufre, por término medio, una hora o media antes de salir el sol. Fácil es comprender por qué los extremos de calor y frío no coinciden exactamente con el centro del día y de la noche. Después del mediodía, cuando el sol va bajando hacia el horizonte, los rayos del astro continúan calentando el suelo y la atmósfera; hasta más tarde la pérdida de calor causada por la irradiación no supera a la ganancia, y la temperatura empieza a bajar. Durante la noche se verifica el fenómeno contrario: la tierra y la atmósfera que la rodea no dejan de enfriarse hasta que la aurora anuncia la próxima aparición del sol y la irradiación nocturna queda compensada por el calor creciente del nuevo día. En la isla de Java, el calor diurno llega al máximo algunos minutos después de la una de la tarde y suele llegar al mínimo algo antes de las seis de la mañana. En París, según las observaciones de Bouvard, la temperatura más elevada ($14^{\circ}47'$) se nota a las dos de la tarde; la mínima ($7^{\circ}13'$) a las cuatro de la mañana y el calor medio del día y del año ($10^{\circ}67'$) corresponde a los periodos de las ocho y diez de la mañana y de la noche.

Las variaciones mensuales presentan en sus oscilaciones regulares el mismo fenómeno que las horarias. El hemisferio boreal no disfruta del mayor calor en el solsticio de julio, ni nota el frío mayor en el solsticio de diciembre. Cuando el sol ha dejado de iluminar desde el cenit las comarcas situadas debajo del trópico de Cáncer, el calor va aumentando hasta el mes de julio o de agosto en muchas regiones situadas hacia el polo boreal y en los países montañosos; en cambio, los grandes fríos del hemisferio del Norte continúan y aumentan cuando los rayos solares le llevan ya una cantidad creciente de calor. En Europa y en la América del Norte, el mes de enero suele ser el más frío,

y hay ciudades como Palermo, Gibraltar y Nueva Orleans, donde la temperatura más baja del año se nota en febrero, un mes antes del equinoccio de primavera.

Cerca del Ecuador, iluminado por un sol vertical, las variaciones mensuales de la temperatura son mucho menos importantes que en las comarcas situadas fuera de los trópicos y dependen mucho más de la dirección de los vientos y de la alternativa de las lluvias y sequías que de la posición del sol en la eclíptica. En Singapore, la diferencia total entre el mes más frío y el más cálido apenas es de 2°. Al Sur, en la línea equinoccial, las variaciones mensuales son cada vez más considerables, pero en orden inverso de las que se observan en el hemisferio del Norte. Resulta de las investigaciones de Dove, que tomando el término medio de todas las temperaturas en la tierra entera, el mes de julio es el más cálido del año.

Para darse cuenta de la variación media del calor y del frío de mes en mes y a las diferentes horas del día, los meteorólogos han tenido la ingeniosa idea de trazar curvas que por su separación del punto central considerado como cero, indican la temperatura horaria de cada mes del año.

Encima de la superficie del suelo, los meteorólogos observan en las capas atmosféricas una disminución de la temperatura análoga a la que ocurre de la zona tórrida a la zona glacial. El aire enrarecido de las regiones superiores necesariamente ha de enfriarse cuando se acerque a los fríos espacios interplanetarios y pierde el vapor de agua que le servía de pantalla para detener la irradiación nocturna del calor. De todos modos, pocas veces baja la temperatura de un modo perfectamente regular desde la superficie del suelo y del Océano hasta las alturas de la atmósfera, porque los vientos, las nubes y otros meteoros modifican sin cesar el régimen de las capas aéreas, y muchas veces, los que se levantan de las laderas de las montañas penetran de una zona relativamente fría en otra zona de temperatura más elevada. El orden de los climas se invierte. Durante el invierno de 1838 a 1839, el frío era de -20° en Audancette,

a orillas del Ródano, mientras en las montañas de Saint Agève, a 1.125 metros más arriba, era de -12° . Glaisher ha comprobado, la noche del 2 de octubre de 1867, un crecimiento continuo de calor hasta la altura de 300 metros. En otras ascensiones, el mismo aeronauta no había encontrado diferencia apreciable entre la temperatura del suelo y la de las capas de la atmósfera hasta 700 metros de altura. Además, ha demostrado Prestel con observaciones largas y exactas, que en la parte del aire que descansa inmediatamente sobre el suelo, el calor aumenta de un modo constante, de abajo arriba, hasta lo menos nueve metros. A consecuencia de perturbaciones meteorológicas, esa zona de temperatura creciente puede elevarse a veces hasta una altura considerable sobre la superficie terrestre.

Desgraciadamente, las series de observaciones regulares hechas a gran altura son muy raras, y ni aun en Suiza, donde tantos hombres eminentes se ocupan en investigaciones científicas, existen más que dos puntos, el hospicio del monte de San Bernardo y la garganta de San Gotardo, cuyos términos medios mensuales de temperatura se hayan comprobado con certeza. Unicamente se han podido calcular de manera aproximada las leyes según las cuales disminuye el calor en las alturas del aire durante las diversas estaciones. De todos modos, lo cierto es que durante el verano, y en medio del día, las capas aéreas de temperatura diferente son mucho más tenues que en invierno y por la noche. De un modo general, puede decirse con Helmholtz, que el calor disminuye de abajo arriba un grado centígrado cada 160 metros en invierno, y cada 240 en verano, en las laderas de las montañas suizas; los intervalos medios anuales, según Carlos Martins, son de 172 a 173 metros. Otros sabios dan cifras algo distintas. Laussure, por ejemplo, que fué el primero en hacer observaciones de ese género, comprobó que en las pendientes occidentales del monte Blanco, la disminución de temperatura durante la estación cálida era de un grado por cada 165 metros. Cada montaña es distinta en esto; en las cimas aisladas, como

el Ventroux, los climas superpuestos son mucho más semejantes unos a otros que en las laderas de las alturas que forman parte de vastos sistemas montañosos.

Studer calcula en 400 metros la altura media por la cual pasa la isoterma de 10° en las masas alpinas. La isoterma de 5° se cierne a 1.300 metros sobre el nivel del mar; la del derretimiento del hielo rodea las montañas a 2.200 metros, y la temperatura sigue bajando un grado por cada 180 metros hasta las nubes más elevadas. En los mapas que representan el nivel de las montañas con curvas de nivel concéntricas, esas curvas pueden servir, no sólo para figurar el aumento de altura, sino también la disminución de calor medio; son a manera de grados de latitud superpuestos. Por otra parte, las observaciones de los aeronautas hacen suponer que en las alturas de la atmósfera, el intervalo crece cada vez más a cada disminución de un grado de temperatura. En los límites del Océano aéreo, todo el calor que los rayos del sol dan a la tierra, acaba por desaparecer, y los fríos del espacio etéreo que se calculan en unos 60° , reinan hasta junto a los planetas cercanos.

El estudio de los climas que reinan actualmente en la superficie del globo ha de completarse con el de los cambios ocurridos durante el período histórico; desgraciadamente, las primeras observaciones meteorológicas son de una fecha demasiado próxima y los hechos escasos o inciertos en que nos podríamos apoyar para conocer indirectamente el régimen de temperatura en anteriores siglos no autorizan a los sabios para formular con precisión una ley sobre la modificación de los climas. Ha tiempo que Arago trató de establecer con ingeniosísimas consideraciones que durante los últimos treinta siglos no ha dejado Palestina de disfrutar una temperatura de 21° a 21 y medio, porque, lo mismo que en tiempos de la historia de los judíos, el límite septentrional de la zona donde maduran los dátiles y el límite meridional de la zona de las viñas coinciden en las orillas del Jordán. Arago creía, sin embargo, que en la Europa occidental el régimen de la temperatura ha sufrido notable

alteración, como lo demuestra, en su sentir, el retroceso gradual de los viñedos hacia el Mediodía. En nuestros días, no se cultiva ya la viña en las orillas del canal del Bristol, ni en Flandes ni en Bretaña, y en esas comarcas, que según las crónicas (quizá demasiado ponderativas) producían vinos exquisitos, las uvas no maduran ahora más que en años excepcionales. Títulos de propiedad expedidos en 1561 afirman, según Fuster, que en otro tiempo se vendimiaba a alturas de 600 metros en las laderas de las montañas del Vivarais, donde ahora ya no da frutos la viña. En las cercanías de Carcasona también ha retrocedido el cultivo del aceituno unos 15 ó 16 kilómetros al Sur desde hace cien años; la caña de azúcar ha desaparecido de Provenza, donde se había aclimatado; los naranjos de Hyères, cuyo cultivo se extendía el siglo XVI hasta el pueblo de Cuers, han enfermado bajo un cielo que ya no es favorable para ellos, y ha habido que reemplazarlos por árboles frutales menos friolentos, como melocotoneros y almendros. No podemos determinar en certeza si hay que atribuir (como Alfonso de Candolle) esa retirada gradual de viñas, olivos y naranjos a un sencillo hecho económico que proviene de la mayor facilidad de los cambios, o hay que inferir de él que la temperatura anual o a lo menos el calor estival ha disminuído en Francia desde la Edad Media.

Es sabido que en varias partes de los Alpes habla la tradición de su continuo enfriamiento de las montañas; según todos los botánicos que han recorrido los Alpes de Saboya y de Suiza y los Cárpatos, los linderos de los altos bosques de pinos ha bajado notablemente en las pendientes de los montes. Kerner calcula en 100 metros de altura vertical el movimiento de retirada de la vegetación forestal durante los dos o tres siglos últimos; vense por todas partes, fuera de los lindes actuales de la gran vegetación, residuos de troncos secos, restos medio podridos de poderosas raíces. Tal vez el hombre, las vacas y las ovejas que andan por los altos pastos, sean los verdaderos autores de esa rebaja gradual de los linderos de la arboleda. En el transcurso de los siglos,

el bosque ha trepado poco a poco por las fragosidades y las pendientes, protegiendo los árboles elevados con sus ramas a los pequeños contra el frío, pero si el diente de los animales o el hacha del hombre abre una brecha en ese frente de batalla, el viento, la nieve y los aludes se aprovechan en seguida de la abertura y el bosque vuelve a bajar por la ladera de los montes. Algunos botánicos atribuyen también ese retroceso de los bosques de pinos, no a la disminución del calor anual, sino a la mayor desigualdad de las temperaturas, a las alternativas más repentinas de frío y de calor, a las heladas y a los deshielos de la primavera. Da mucha probabilidad a esta hipótesis la circunstancia de que en las llanuras de Hungría se han observado constantes intrusiones de las plantas de las estepas hacia el Oeste, y sin embargo, no se ha notado en las especies occidentales ningún movimiento en dirección contraria. Debe colegirse que los climas excesivos avanzan gradualmente hacia el Oeste.

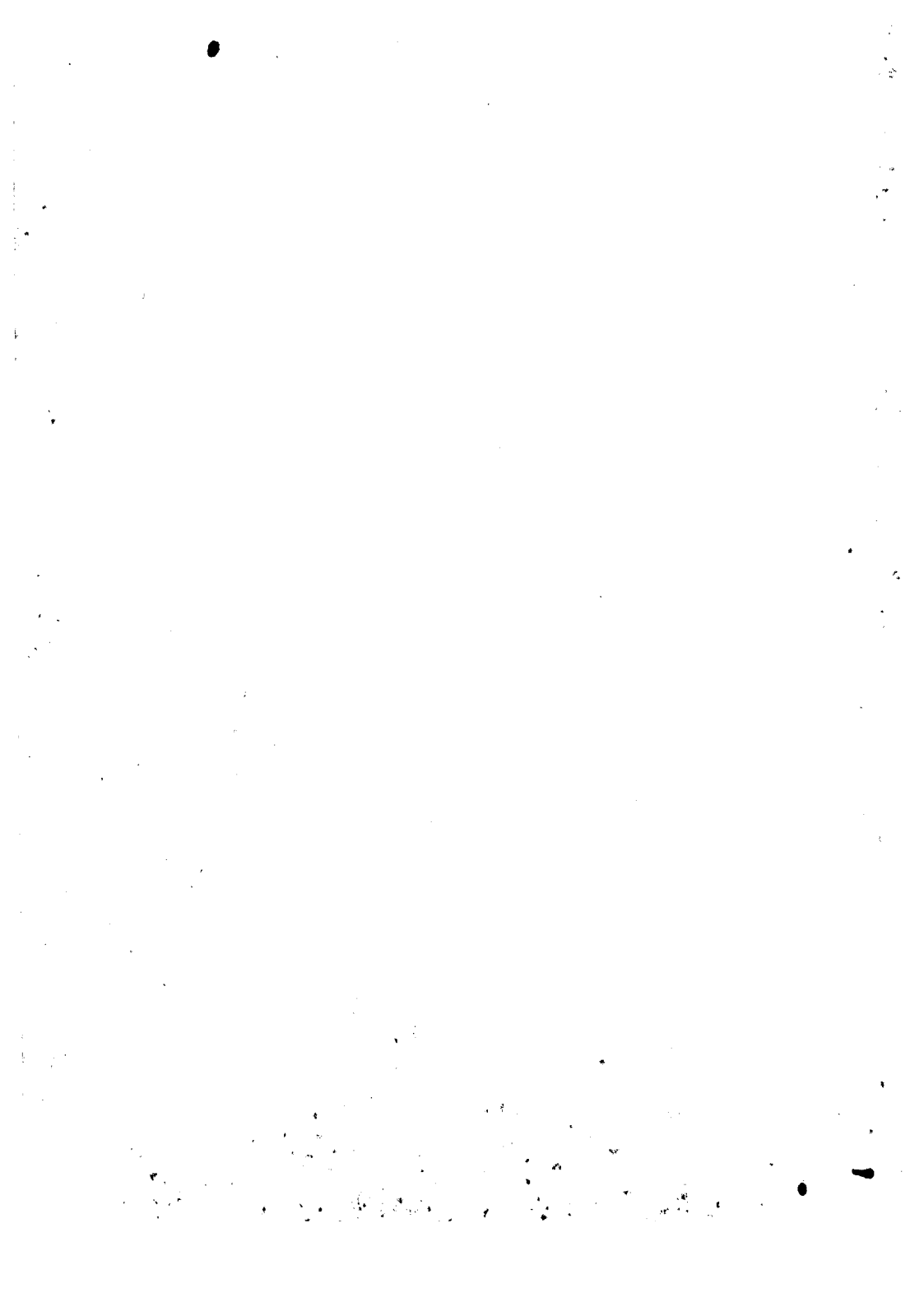
Además, observaciones termométricas directas han demostrado que el frío ha aumentado algo desde hace un siglo en varios lugares de Alemania, como Ratisbona, Praga, Hamburgo y Arustadt; especialmente el mes de diciembre es mucho más frío, y en cambio el de enero es más caluroso. Glaisher ha podido comprobar que la temperatura media de Inglaterra ha crecido $1^{\circ}11$ centigrado durante los cien años últimos, y sólo en el mes de enero, el aumento de temperatura llegó a $1^{\circ}66$. En aquella comarca los extremos se tocan y el clima es más suave e igual que antes.

También aparece demostrado otro cambio climático. Parece que Irlanda y la Groenlandia Oriental son mucho más frías ahora que en el siglo XIV, porque en la primera comarca han dejado de crecer los grandes árboles, y en las riberas opuestas de Groenlandia mucho valles antes habitados son ahora inaccesibles por haberlos invadido los hielos. Sea de ello lo que fuere, no puede dudarse que los climas se modifican sin cesar del modo más o menos perceptible en todos los puntos de la superficie terrestre, puesto que los fenómenos físicos de los cuales depende en parte el

reparto desigual de las temperaturas, no dejan de cambiar también. Las montañas, cuya masa sirve de valladar a los vientos, contribuye a la formación de las nubes y solicita las nieves y las lluvias, se rebajan poco a poco y sus materiales sirven para cegar los lagos y para arrojar largas penínsulas dentro del mar; cambia el curso de los ríos, y el volumen de sus aguas crece o disminuye; unos pantanos se secan y se forman otros nuevos en medio de las llanuras; los continentes se hunden o se levantan; ya surgen archipiélagos del Océano, ya se abisman islas enteras; las corrientes marítimas y los vientos de la atmósfera sufren perpetuos cambios. Según demuestran los restos fósiles de las faunas y las floras de otros tiempos, en cada período de la historia de la tierra ha habido grandes oscilaciones climatéricas, y durante el transcurso de las edades se han sucedido ciclos de calor y de frío análogos a nuestras estaciones de invierno y de verano. Sin que sea necesario admitir un cambio de eje ni una variación de las aptitudes terrestres, podemos afirmar que la época actual, como todas las anteriores, presenta asimismo una serie de cambios de clima, y la historia nos prueba que a los trabajos de la humanidad se deben gran parte de esas modificaciones importantísimas del régimen de nuestro globo.

I N D I C E

	<i><u>Págs.</u></i>
Prólogo	7
Cap. I. El aire y el viento	21
Cap. II. Huracanes y trombas	70
Cap. III. Nubes y lluvias	93
Cap. IV. Borrascas, auroras y corrientes magnéticas ...	125
Cap. V. Los climas	152

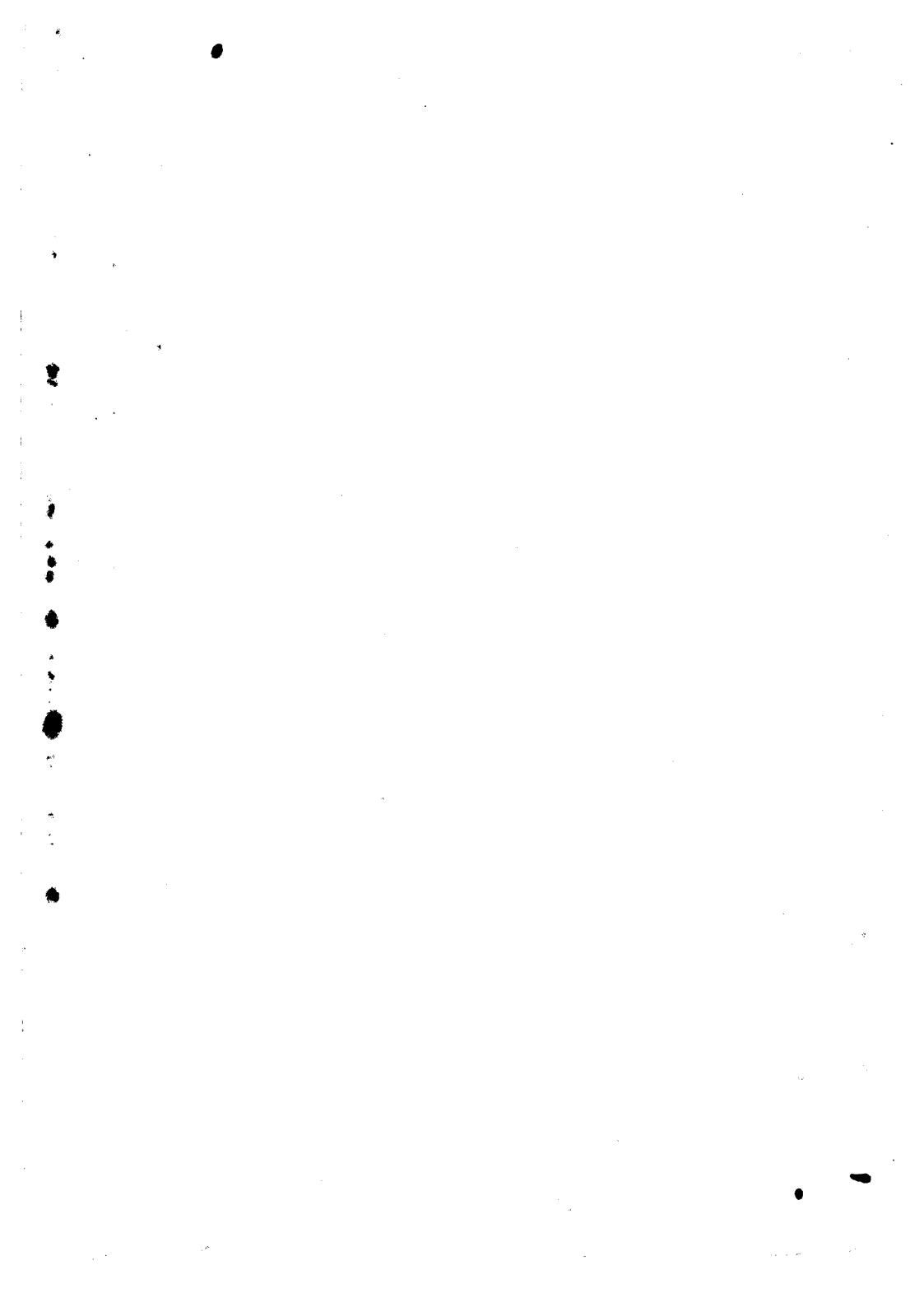


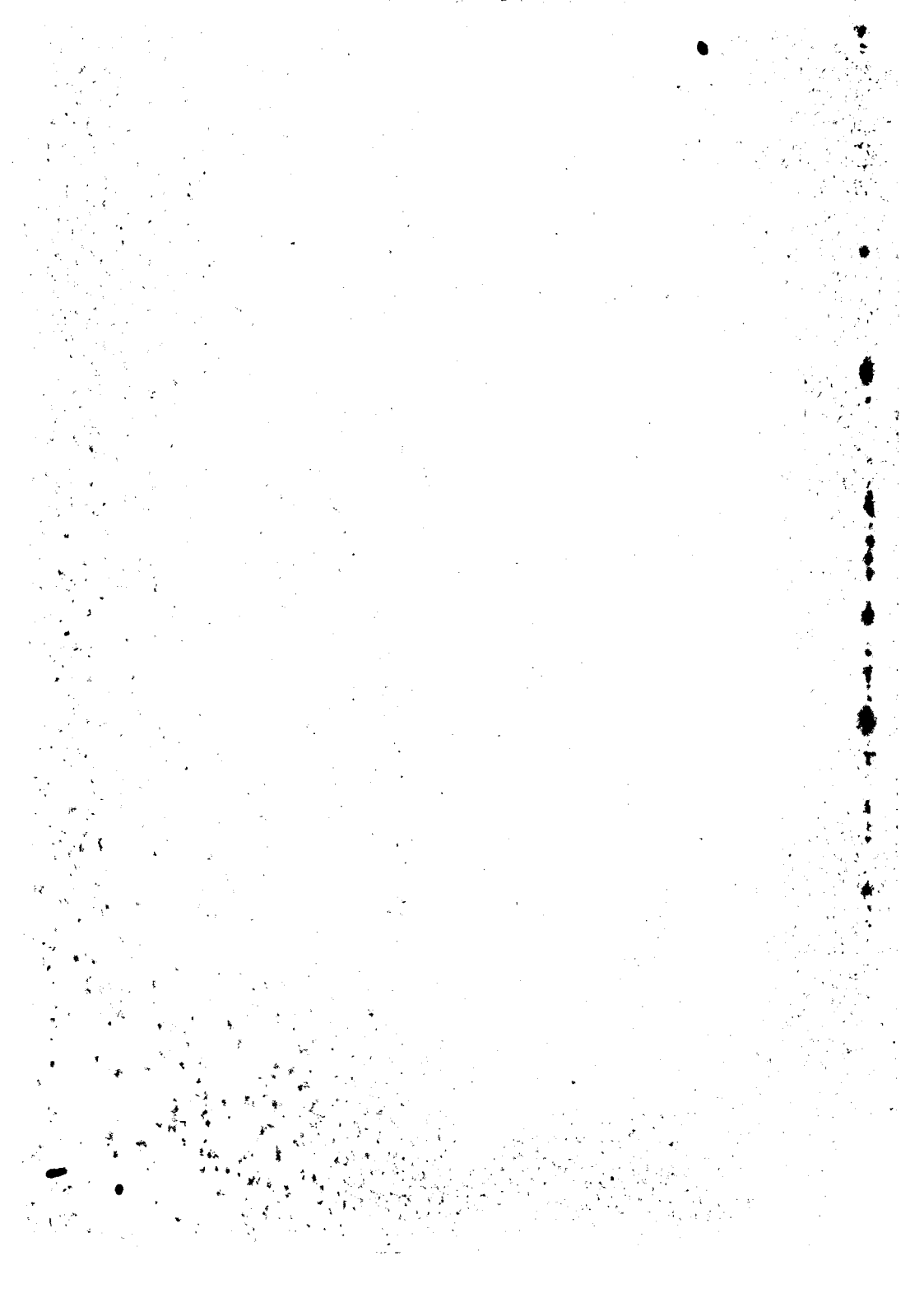
Queda hecho el depósito que
previene la ley número 11.723

Copyright by Editorial Americalee
Buenos Aires, 1944

PRINTED IN ARGENTINA

Acabóse de imprimir el 15 de julio de 1944
En los Talleres Gráficos AMERICALEE
Tucumán 353 Buenos Aires





Digitalizado por

ArchivoFOPEP

<http://www.archivofopep.org>

