

común que hace de todos los planetas, de los cometas y de cualesquiera agregaciones de la materia de que se compone, otros tantos satélites de un cuerpo central y preponderante, foco de luz y de calor, que es el Sol. Una misma ley rige los movimientos particulares de todos estos cuerpos; una misma fuerza, la gravitación, los mantiene en sus órbitas y motiva todas las variaciones periódicas ó seculares que experimentan los elementos de estas órbitas; una misma hipótesis, sumamente probable, sobre el origen y formación del Sol, de los planetas y de sus satélites nos induce á considerarlos como hijos de una misma familia, como productos de una lenta evolución, cuyas edades se cuentan por centenares de millones de años.

Gracias á los perfeccionamientos y progresos de la ciencia, hoy conocemos las leyes que regulan los fenómenos celestes limitados al mundo solar, con una precisión tal que se puede calcular con mucha anticipación todas sus fases. La astronomía planetaria ha llegado por tal concepto á ser el monumento más grandioso erigido á la gloria del espíritu humano por el genio de las ciencias matemáticas: geometría, mecánica y análisis. Pero, paralelamente á esta rama trascendental de la astronomía, hay otra rama, la astronomía física, de la cual han brotado retoños cada vez más floridos de tres siglos á esta parte. La física se ha dedicado al estudio de la constitución íntima de los cuerpos celestes, y la óptica ha suministrado un contingente considerable de observaciones relativas á regiones del Cielo nunca hasta entonces exploradas.

Las estrellas, tan extraordinariamente distantes de nuestro sistema que su luz necesita años enteros para cruzar el más corto de los intervalos que de ellas nos separan, no fueron consideradas por espacio de mucho tiempo, por lo que respecta á la astronomía planetaria, sino como puntos de referencia, preciosos sin duda alguna, toda vez que, á no ser por ellas, jamás se habría llegado á conocer el sistema de los movimientos reales de que están animados los cuerpos planetarios. Pero el telescopio, aplicado al estudio del cielo sidéreo, nos ha hecho las revelaciones más asombrosas sobre la constitución misma del Universo. No tan sólo ha centuplicado á los ojos del hombre el número de los soles cuyos fúlgidos destellos espolvorean el espacio infinito, sino que ha permitido reconocer la existencia de grupos de soles que gravitan unos en torno de otros, y forman de este modo sistemas binarios, ternarios, múltiples; habiendo demostrado además que el mismo orden y armonía que han predominado en el arreglo y disposición de nuestro mundo planetario, regulan los sistemas superiores, maravilloso testimonio de esa gran ley universal de la variedad en la unidad, que caracteriza todos los fenómenos de la Naturaleza.

De los sistemas de estrellas dobles y múltiples se pasa á las más vastas asociaciones, á esos cúmulos estrellados, cuyos individuos se cuentan por millares. Esas nebulosas, apiñadas por efecto de la distancia en espacios

imperceptibles, no se presentan á la vista, y á veces en los anteojos de mucho alcance, sino como nubes confusas ó resplandores inciertos; pero los instrumentos de mayor poder óptico acaban por resolverlas en puntos luminosos. La mente se confunde y extravía cuando pretende enumerar esos sistemas de soles, penetrar en esas insondables profundidades de los abismos celestes, calcular sus dimensiones, formarse una idea de esos millones de mundos, figurarse que cada uno de ellos es el foco de otros cuerpos invisibles análogos á nuestros planetas y que llevan como ellos en su superficie el movimiento, la vegetación, la vida.

¿A quién ó á qué debemos el conocimiento de esos remotísimos universos? A la luz, cuyas ondulaciones rápidas, excitadas por las vibraciones de sus propios focos, agitan y conmueven el éter, propagándose en seguida por él, sin confundirse y sin sufrir alteración, á tan considerables distancias. Las mismas ondas etéreas, emanadas de cada uno de esos mundos, son las que, analizadas delicadamente por un método admirable, proporcionan á la ciencia los medios de poder asegurar cuál es el estado físico y aun el químico del foco luminoso y cuáles las sustancias metálicas ó de cualquiera otra clase que se hallan en incandescencia en esos focos.

Así pues, gracias á las profundas investigaciones de los observadores, de los geómetras y de los físicos, los fenómenos astronómicos nos inician por una parte en la estructura general del Universo, compuesto de una agregación sin fin de mundos agrupados por sistemas de diferentes órdenes; y por otra, nos permiten examinar cada uno de esos mundos, para descubrir en ellos ya analogías ó ya diferencias marcadas con el nuestro. El telescopio nos hace pasar desde la Luna, cuya topografía, montañas y volcanes conocemos hoy mejor que ciertas regiones de la Tierra misma, á la estructura de los planetas y del Sol; gracias á él descubrimos los satélites múltiples de Júpiter, los de Saturno y Urano, los anillos del segundo de estos globos gigantes, las tierras, mares y nieves de los polos de Marte. Los huracanes formidables, las erupciones y explosiones hidrogenadas del océano inflamado del Sol no tendrán en breve secretos para nosotros. La idea tan grandiosa, las admirables nociones que la ciencia nos permite tener ya sobre el conjunto de las cosas, resaltan plenamente de la descripción detallada del Cielo, á la que hemos dedicado ya un volumen que muy bien puede considerarse como la introducción ó como el complemento del MUNDO FÍSICO (1).

Al regresar de esas excursiones por el espacio sin límites al globo en que vivimos y que nos sirve de observatorio, nos encontramos con toda una serie de hechos con los que estamos sin duda más familiarizados, pero cuya íntima conexión con los movimientos de los cuerpos celestes y con las leyes á que obedecen habremos de demostrar. Tales son los que

(1) El autor se refiere á su obra *El Cielo*. (N. del T.)

ocasiona el doble movimiento de la Tierra, ó sea el de rotación sobre su eje y el de traslación alrededor del Sol. Combinando con ellos los de nuestro satélite la Luna, tendremos que dar cuenta de las alternativas del día y de la noche, de las de las estaciones, de las variaciones causadas por las diferencias de latitud en las distintas épocas del año, y explicar la sucesión de los eclipses; y luego, ocupándonos del suelo mismo del planeta, dar las razones astronómicas del fenómeno de las mareas.

Así pasaríamos del Cielo á la Tierra, que flota á su vez en el Cielo mismo, si otros fenómenos temporales, accidentales los unos, periódicos los otros, no nos retuviesen todavía en el dominio de la astronomía. Nos referimos á las estrellas fugaces, á esos rastros de luz que de cuando en cuando surcan el cielo de nuestras noches, unas veces aisladas, y en otras épocas, en compactas legiones, á modo de enjambres ó lluvias; efímeras apariencias cuya naturaleza se ha desconocido mucho tiempo, pero que la astronomía ha acabado por reivindicar, demostrando hoy que puede proceder del paso periódico de largas masas de corpúsculos planetarios. Recientes investigaciones nos han dado á conocer el vínculo que une á estos fenómenos singulares con las apariciones de los cometas, y en efecto, estos meteoros no deben ser sino fragmentos de substancia cometaria, dispersados ó desprendidos por la influencia de las masas de los planetas.

Por último, á un origen análogo, ya que no idéntico, deberán atribuirse las piedras que caen del Cielo, cuya curiosa historia es uno de los más interesantes capítulos de una ciencia apenas bosquejada; pudiéndose dar á esa ciencia el nombre de *física intercósmica*, porque constituiría una especie de tránsito entre la astronomía ó física celeste y la física del globo ó terrestre.

### III

Al hacer esta enumeración rápida, y por cierto sobrado incompleta de los fenómenos del mundo físico, hemos venido poco á poco á parar á los que interesan á nuestro planeta, y cuya historia natural particular componen. Al llegar á este punto, á medida que la generalidad de las ideas decrece y va restringiéndose por decirlo así, aumenta el interés que prestamos á todo cuanto más particularmente nos atañe, pues en efecto se trata de la Tierra misma, del astro que nos sustenta, de esa *alma parens*, nuestra cuna en los tiempos primitivos y futura tumba de la humanidad entera. ¿Llegaremos un día á difundir algunos resplandores, valiéndonos de la antorcha de la ciencia, sobre los primeros orígenes del Mundo, sobre las fases sucesivas por que ha debido pasar antes de hallarse en estado de recibir el primer soplo de vida, el primer germen de los seres organizados ó vivientes, la vida progresiva, embrión de las faunas y floras que hoy viven, crecen y se extienden por su superficie y de las que tan numerosos

vestigios contienen las capas profundas de la corteza terrestre? Al reconstituir la inteligencia humana, á fuerza de trabajo, de paciencia, y con el rigorismo y reserva de la verdadera ciencia, los materiales de esta historia, ¿logrará alguna vez trazar de nuevo, en la prolongada serie de las edades geológicas, los lineamientos de la historia misma del hombre, de su primera aparición en la Tierra? Problema es este cuya solución podemos prometernos, pero cuyo estudio exigirá indudablemente el concurso de los progresos simultáneos de nuestros conocimientos en todas las ramas de las ciencias físicas y naturales. Aun cuando, por lo tanto, no entra en su conjunto en nuestro programa restringido, convendrá reseñar ligeramente lo que en la descripción del MUNDO FÍSICO se relaciona más particularmente con la historia de la Tierra, y por consiguiente con nuestra propia historia.

El orden, la regularidad, la permanencia, parecen ser el carácter peculiar de los fenómenos que ocurren en los cielos. Tan sólo nos es dado observarlos de lejos, y la lentitud con que se suceden no nos permite consignar sino muy á la larga las perturbaciones ó variaciones que sufren, escapándonos los detalles. Lo contrario sucede cuando consideramos los hechos físicos de que la superficie de la Tierra es teatro; la continua variedad, las incesantes mudanzas que cada uno de ellos ofrece, acrecen más y más á causa del enlace inevitable de los efectos dimanados de varias causas y de los innumerables detalles que la proximidad en que de aquélla estamos nos obliga á observar á la vez. Y esto es más particularmente cierto respecto de todo cuanto tiene relación con la envoltura gaseosa ó aérea del globo, y también lo es, aunque en grado menor, relativamente á la parte líquida ó á los mares; únicamente el suelo, con sus horizontes ó capas casi estables, presenta un asunto de estudio menos variable. Todo esto forma el dominio de la ciencia llamada *física del globo* ó *meteorología*, ciencia sobrado imperfecta todavía, en razón de lo complejo de los hechos que estudia, de los escasos medios de observación con que ha contado hasta el presente, y también del período relativamente corto transcurrido desde las primeras investigaciones sistemáticas efectuadas por tal concepto.

También nos proporciona la astronomía la primera base sólida de la historia del globo terráqueo. La forma de este globo, sus dimensiones, su masa y densidad vienen á ser su punto de partida. Sin exponer detalladamente los procedimientos merced á los cuales se ha podido averiguar otros datos importantes, tendremos ocasión de decir lo que acerca de ellos se sabe en el estado actual de la ciencia. No dejará de ser interesante el demostrar cómo se ha reconocido poco á poco que el globo terráqueo, al que se suponía esférico, está en realidad aplanado hacia los polos de su rotación; cómo su forma, semejante á la de una elipsoide de revolución, dista mucho de tener en todos sentidos la regularidad de este sólido geométrico, teniendo meridianos desiguales y paralelos más ó menos distantes, como su ecuador mismo, de la forma circular.

A continuación seguirá el estudio de la configuración de las masas continentales, de las proporciones relativas de las tierras y de los océanos, del relieve de aquéllas y de las depresiones ó profundidades de éstos, de la forma y extensión de las vertientes de los mares y de las cuencas de los ríos, etc.; pero como los hechos relativos á estas cuestiones son más bien de incumbencia de la geografía física, no pueden entrar en nuestro plan sino en cuanto se refieren á las leyes generales á que ha obedecido la formación del globo terráqueo. Lo propio sucede por lo que respecta á la descripción detallada de la estructura interna de este suelo, á la composición y sucesión de las capas que forman la corteza sólida de la Tierra; y con mayor motivo, al análisis de las rocas y terrenos, y á su estudio bajo el punto de vista de los vegetales y animales que en sí encierran. La geología, la mineralogía, la cristalografía y la paleontología son las ciencias especiales que estudian todos estos hechos, y que, basándose en la comparación de los mismos, se esfuerzan por remontarse del estado presente á las edades antiguas con objeto de poder rehacer la historia del pasado de nuestro globo. Nosotros nos contentaremos con tomar de ellas los datos necesarios para la solución de estos problemas tan controvertidos todavía, y en su vista procuraremos deducir la edad de la Tierra, las evoluciones por que ha pasado, su actual estructura interna y las conjeturas que es posible hacer sobre sus transformaciones futuras.

Aun cuando la esfera terrestre, considerada en su conjunto, parezca haber llegado á una fase de estabilidad por lo menos relativa, los cambios que todavía sufre, ya sea por la acción de las fuerzas internas, ó ya por la acción mucho más lenta, pero continua de los agentes exteriores, servirán, á no dudarlo, para construir los cimientos de la ciencia del pasado de nuestro planeta. Y por este concepto ¡cuán interesante no es estudiar los volcanes en actividad, analizar los líquidos y los gases que despiden en sus convulsiones intermitentes! Muchas dudas subsisten todavía sobre las consecuencias que deben deducirse de los fenómenos volcánicos, relativamente á la cuestión siempre controvertida del estado físico actual del núcleo terrestre. ¿Se halla en fusión ígnea en toda su masa á partir de una escasa profundidad, como se ha sostenido largo tiempo y como muchos lo creen todavía, ó bien el suelo, la costra solidificada que nos sustenta, tiene un espesor considerable, como lo sostiene de algún tiempo á esta parte cierto número de astrónomos, geólogos y físicos? En la segunda hipótesis deberíamos suponer, para explicar el origen de las lavas, de esas acumulaciones á veces enormes de materia vitrificada, fundida, incandescente, que en los terrenos donde están alineados los volcanes existen á trechos lagos interiores de dicha materia, quedando siempre por averiguar de dónde procede el intensísimo calor que es capaz de mantener esos lagos en tal estado. Todas estas cuestiones tan interesantes, pero tan obscuras todavía, siguen sirviendo de asunto á las controversias de la ciencia,

pero no pertenecen únicamente al dominio de la geología, y por consiguiente para examinar esos problemas habría que apelar también á la física, á la química, á la astronomía misma y á la termodinámica, parte de la física que ha sido reciente objeto de descubrimientos importantes.

Más sólido es el terreno en que la ciencia se coloca para describir los fenómenos actuales, y al decir esto nos referimos á los fenómenos puramente físicos de que la Tierra es teatro: sus causas son múltiples y sus efectos se encuentran necesariamente confundidos en la realidad. Pero la física ha sabido separarlos, haciendo así fácil la distinción de los fenómenos lo mismo que la de sus causas. La gravedad, el calor, la luz, la electricidad y el magnetismo forman, por lo tanto, las divisiones naturales del asunto de que nos ocupamos; pero en el globo terráqueo entero, en su superficie ó en su envoltura aérea, será donde estudiaremos esos agentes ó por lo menos los fenómenos que engendran según su distribución natural, las variaciones periódicas ó accidentales á que están sometidos, las leyes de esta distribución y de estas variaciones; en una palabra, todo cuanto constituye, como se ha dicho ya, la *física terrestre* y la *meteorología*.

¿Qué interés puede despertar en nosotros la gravedad, á primera vista considerada, por lo que respecta á las cuestiones puramente relativas á la constitución del globo terráqueo? ¿Acaso no obra esta fuerza de un modo constante, invariable, uniforme? En un mismo lugar de la Tierra, seguramente que sí; pero de un punto á otro más elevado ó más bajo de su superficie, de una latitud á otra, la gravedad varía; y por otra parte su intensidad está contrabalanceada con alguna desigualdad por la fuerza centrífuga originada por la rotación del planeta. Además, la forma misma del esferoide está ligada á estas variaciones, siendo interesante conocer en virtud de qué ley se ha agregado la materia de que está formada la Tierra, para dar densidades desiguales á las regiones centrales y á las capas de suelo, para acumular en las inmediaciones del ecuador y en el ecuador mismo esa especie de hinchazón ó dilatación de nuestro globo comprobada por las medidas geodésicas.

También hay cierto número de cuerpos celestes de figura esferoidal: Marte, y sobre todo Júpiter y Saturno, están aplanados en sus polos de rotación. Comparando las formas de estos globos con la de la Tierra, y teniendo en cuenta las diferencias de rotación, densidad, etc., se observan interesantes analogías entre los estados físicos actuales de estos diferentes planetas.

¿No es cosa interesante por demás el conocer la conexión física que hace depender las mareas de la acción de la gravedad del Sol y de la Luna sobre la masa fluida del Océano, que demuestra asimismo una relación de causa á efecto entre la precesión de los equinoccios, la nutación y la misma acción de la gravedad en la dilatación ecuatorial del globo? Otras per-

turbaciones en los elementos astronómicos de la órbita terrestre proceden de causas análogas, y resultan de la acción de la misma fuerza de la gravitación ejercida por los planetas; tales son las que afectan á la excentricidad de la órbita de la Tierra, y también á la inclinación de su eje. Estas lentas variaciones tienen evidentemente por consecuencia otras variaciones correspondientes en las estaciones y en los climas, habiéndose creído, y no sin razón, hallar en ellas una explicación por lo menos parcial de ciertas revoluciones del globo, por ejemplo, la de los períodos glaciales.

La distribución del calor en la superficie de la Tierra y en el interior de las capas del suelo accesibles á la observación, así como las probabilidades que de ellas resultan para el estado térmico del núcleo, se deducen de una nueva serie de fenómenos tan interesantes por lo menos como la gravedad para la historia del pasado del planeta, y en todo caso sumamente importantes para conocer su constitución física actual. El calor estudiado en las partes fluidas, en los océanos y en la atmósfera es el que desempeña un papel más principal bajo este último punto de vista. ¡Qué admirable asunto de estudio para el hombre científico, qué espectáculo tan variado para el pintor ó el poeta nos ofrecen las corrientes marinas, los grandes movimientos de la atmósfera, las perturbaciones locales ó transitorias de que esas húmedas masas son, por decirlo así, teatro perpetuo, las tormentas, los ciclones, los vientos y las lluvias, las trombas, el granizo, con todo su séquito de fenómenos eléctricos, de truenos, relámpagos y rayos! Desde las soledades glaciales del polo en donde brillan las auroras hasta las zonas tropicales en las que resplandece una magnífica y exuberante vegetación, se encuentran por transiciones insensibles todos los climas, pasando por esas regiones templadas tan apacibles, en las que todo parece dispuesto para que sean residencia privilegiada de las sociedades humanas y para el más completo desarrollo de la civilización.

Una de las cuestiones más á propósito para excitar nuestra curiosidad, entre todas cuantas nos permite abordar la ciencia de la física del globo, es sin duda la parte que el calor y la luz solar, las corrientes eléctricas y magnéticas, la distribución de los continentes y de los mares, la naturaleza del suelo y su configuración, pueden tener en dicha variedad de climas, floras y faunas. También es una de las más interesantes que resolver en cuanto atañe á la satisfacción de nuestras necesidades y á la dirección que debemos dar á nuestra actividad colectiva en vista de los progresos sociales. Por estas razones formará parte esencial del programa que nos hemos trazado relativamente á la descripción del MUNDO FÍSICO y de sus leyes.

## IV

En meteorología, lo propio que en las demás ciencias naturales, hay dos maneras de considerar los hechos, dos puntos de vista desde los cuales

se pueda y deba estudiar los fenómenos, sin lo cual la ciencia quedaría incompleta.

Estos fenómenos se pueden observar, estudiar y describir en su conjunto, en su sucesión ó distribución en la superficie del globo, en sus relaciones de simultaneidad ó concordancia con los fenómenos afines, ó también en sus relaciones aparentes ó reales con los que son exteriores á la Tierra.

Tal es el primer punto de vista que podría llamarse geográfico, ó mejor dicho *cósmico*, y que constituiría la primera parte de la ciencia particular que examinamos.

Pero, si bien podemos descubrir de tal modo las leyes generales de la meteorología, esto no nos instruye acerca de la naturaleza de los fenómenos, es decir, acerca de las condiciones físicas ó mecánicas en que tienen origen. Por consiguiente, el segundo punto de vista que debemos considerar consiste en averiguar cuáles son estas condiciones, en penetrar el sentido íntimo de los hechos, en llegar á conocer su causa, en relacionarlos en todos sus detalles con los agentes físicos conocidos, y en una palabra, en hacer la teoría de cada clase de fenómenos. Este punto de vista, no menos esencial que el primero, nos conduce al descubrimiento de una serie de leyes especiales, cuyo conjunto constituye la segunda rama de la ciencia meteorológica, la que podría llamarse meteorología física. La *física del globo* ó física terrestre es la reunión de estas dos ciencias, complemento la una de la otra.

Citemos uno ó dos ejemplos á propósito para que se comprendan mejor estas generalidades.

Fijémonos en la lluvia.

Podemos estudiar ante todo las lluvias considerándolas según su distribución anual en la superficie del globo, ya en los continentes ó bien en los mares, y luego según esta misma distribución en las diferentes épocas del año. Se las puede estudiar también con relación á la cantidad de agua caída en cada lugar, ó en su coincidencia con los demás fenómenos meteorológicos, como por ejemplo los vientos reinantes. En todo esto no se considera la lluvia sino como fenómeno general, como dato de la historia meteorológica del planeta: es el primer punto de vista, el punto de vista *cósmico*.

Si, por el contrario, vemos en la lluvia un fenómeno particular, procuramos averiguar las condiciones físicas que la producen, y para esto tenemos en cuenta la influencia de la presión atmosférica, el estado higrométrico y la temperatura del aire, haciendo abstracción de toda consideración local, entonces nos proponemos establecer la teoría física de la lluvia, y nos colocamos por lo tanto en el segundo punto de vista de que antes hemos hablado, esto es, en el punto de vista *físico*.

Podríamos hacer análoga distinción respecto de las auroras boreales