

atmósfera, perturbada sin cesar por la acción continua y variable de agentes distintos de la gravedad. Si no influyera ni actuara ninguna causa exterior en el agua de los mares y de los lagos, esas masas líquidas permanecerían tranquilas en sus lechos, en sus cuencas; pero las variaciones de temperatura, la acción de los vientos, la de las mareas lunisolares producen movimientos irregulares y oscilaciones periódicas, de los que resulta, en vez del reposo, una agitación perpetua. A decir verdad, el equilibrio constantemente perturbado se recobra constantemente ó á lo menos se mantiene entre límites restringidos que dependen de la densidad de las aguas del mar, de los roces que sufren sus moléculas. Y, circunstancia notable, habiendo querido averiguar Laplace cuáles son las condiciones de la estabilidad del equilibrio de los mares, vió que bastaba que la densidad de las aguas del Océano fuese menor que la de la Tierra, condición que precisamente se realiza en la Naturaleza; si las aguas del mar fuesen más ligeras, estarían en perpetua movilidad; si más pesadas, las desviaciones de equilibrio producidas por causas accidentales podrían llegar á ser muy grandes y ocasionar en los continentes é islas espantosas catástrofes.

Donde la lucha de las fuerzas opuestas ocasiona variaciones más rápidas y de mayor extensión es en la atmósfera. Supongamos las masas fluidas del aire sometidas únicamente á la gravedad: la calma más profunda reinaría perpetuamente en ellas; todas las capas del aire superpuestas con arreglo á un orden de densidad decreciente subsistirían en equilibrio permanente, apoyadas unas en otras y en el suelo por efecto de sus mutuas presiones. Sin embargo, tendrían sus mareas como el Océano, y las únicas corrientes que en ellas se observarían procederían de las desiguales resistencias que los relieves continentales opondrían á la propagación de la onda gaseosa, y quizás también de los movimientos que la onda líquida de las mareas oceánicas causaría en las capas aéreas situadas sobre ellas. Semejante equilibrio está en realidad constantemente roto por la acción sin cesar variable del calor solar, que cambia el estado higrométrico, térmico y eléctrico, suscita corrientes ascendentes y descendentes y todos esos diferentes fenómenos cuyo conjunto es objeto de la parte de la física del globo conocida con el nombre de meteorología. Por lo demás, como de no influir la acción de la gravedad en las capas gaseosas de la atmósfera, ningún obstáculo se opondría á la expansión indefinida de ésta, la atmósfera terrestre desaparecería en breve, disipada en el espacio por la fuerza centrífuga engendrada por el movimiento de rotación de la Tierra. Por consiguiente, la gravedad es la que mantiene el equilibrio en la superficie de nuestro planeta y la que lo restablece cuando la acción de otras fuerzas físicas lo ha perturbado.

Citemos todavía otros ejemplos de esa lucha incesante de la que nace el orden que impera en los fenómenos del mundo físico terrestre, lucha sin la cual todo sería reposo, silencio perpetuo, en una palabra, carencia de movimiento, es decir, de vida, ó por el contrario, el caos resultante de una inestabilidad sin límites.

Es sabido que la fuerza calorífica de los rayos solares produce la incesante evaporación de las capas superficiales de los mares y de cualquier otra masa líquida sometida á su acción. El vapor así formado se eleva por el aire, gracias á la menor densidad de sus moléculas comparada con la del aire ambiente; y este movimiento ascensional lo produce la presión de las capas aéreas, ó lo que es lo mismo, es un efecto de la gravedad. De aquí nacen, en virtud de una condensación cuyas causas se han estudiado, las nubes, luego los movimientos de éstas ocasionados por corrientes de origen variable, y, por último, las lluvias, las nieves, los granizos, etc., en suma, el regreso de las aguas evaporadas á la superficie del suelo. Una parte de las aguas de lluvia precipitadas de tal suerte

por la acción de la gravedad corre por las pendientes de los terrenos, y forma arroyos, riachuelos y ríos; otra parte filtra en el suelo y da origen á las corrientes subterráneas, á los manantiales, etc.; de modo que también es la gravedad terrestre la que vuelve las masas líquidas al Océano, su depósito común.

Y en esta circulación periódica y continua á la vez, cuyo origen es la radiación solar ó el calor, por una parte, y la gravedad por otra, ¡cuántos fenómenos curiosos y variados ocurren, que tienen su asiento en el seno de la atmósfera ó bien en la superficie del suelo, y que sería prolijo describir! Concretémonos á citar algunos de los más notables, en los que la fuerza de la gravedad interviene con sorprendente y destructora pujanza. La acción de las aguas en el suelo, repetida sin tregua por espacio de largas acumulaciones de siglos, ha abierto los cauces de los ríos, corroe diariamente sus ribazos y arrastra los materiales disgregados, formando más lejos terraplenes, bancos de arena ó de limo. La filtración de las aguas pluviales en el suelo, filtración dimanada de la gravedad, cuando menos en gran parte, disgrega los terrenos y las rocas, con frecuencia los socava, y ocasiona así los derrumbamientos que desnudan las laderas de las montañas y colinas y que á la larga ciegan los valles, trabajo de disgregación que á menudo pasa inadvertido hasta el día en que ocurre la catástrofe: entonces considerables masas de rocas, minadas por su base, pierden de pronto el equilibrio, y resbalando ó despeñándose, destruyen todo cuanto encuentran á su paso. Así es como montañas enteras han sepultado pueblos y ciudades bajo sus escombros, y la historia consigna numerosos ejemplos de tan terribles acontecimientos. En el siglo XIII, el monte Grenier, cuya cumbre descuella todavía entre las montañas que ciñen al Sur el valle de Chambery, se derrumbó en parte y sepultó el pueblo de San Andrés y muchas aldeas; todavía se enseñan al viajero los *abismos de Myans*, bajo los cuales yacen las ruinas y las víctimas. En 1806 ocurrió un derrumbamiento por el estilo desde las vertientes del monte Ruffi, en el valle de Goldau, habiéndose precipitado una masa enorme de rocas que sepultaron asimismo muchas aldeas y cegaron gran parte de una laguna inmediata. Sería superfluo demostrar por medio de cálculos cuál es la fuerza destructora de semejantes masas precipitadas por la gravedad desde una altura á las veces asombrosa, y cuya velocidad aumenta con la distancia.

Los aludes ó avalanchas son fenómenos de la misma clase, siquiera mucho más frecuentes que los desprendimientos de rocas y montañas. Las masas de nieve, acumuladas en la vertiente inclinada de una montaña ó al borde de un precipicio, resbalan á impulso de su propio peso y luego se desprenden y caen, arrasándolo todo en su caída. A veces basta un leve choque, un pistoletazo, hasta un grito, para causar la rotura de equilibrio y dar origen al fenómeno. En los icebergs, ó montañas de hielo de las regiones polares, la presión de unos témpanos sobre otros ocasiona fenómenos análogos, en los que la fuerza irresistible de la gravedad manifiesta también su pujanza. Los glaciares, esos ríos de nieve solidificada que ha pasado al estado de hielo compacto, descenden poco á poco empujados por el peso de las capas superiores que los forman; y este movimiento de progresión lenta es tan enérgico, que la masa cristalina y las piedras y guijarros por ella acarreados llenan de estrías y alisan las rocas laterales y subyacentes (1).

(1) Cuando nos trasladamos con el pensamiento á las remotísimas épocas en que los continentes actuales se formaron, en que se modeló el relieve de las cordilleras de diversas edades, deseamos averiguar cuáles fueron las fuerzas internas capaces de levantar esas masas, venciendo la acción siempre presente de la gravedad. ¿Por qué no se ha formado el suelo de estratos horizontales, regulares, nivelados, indicio de un

En las erupciones volcánicas las fuerzas explosivas de los gases interiores suelen lanzar á la atmósfera cenizas, fragmentos de piedra y verdaderas rocas. Pero si estas masas se sustraen en la apariencia por algunos instantes á la acción de la gravedad, la lucha de las dos fuerzas no es de larga duración, y obedeciendo los proyectiles á la incontrastable ley de todos los cuerpos terrestres, vuelven á caer en la superficie de la Tierra.

Todos estos casos son tan conocidos, están tan al alcance de la observación de todo el mundo, que sería casi pueril recordarlos á no ser por el interés que ofrecen relativamente á la física terrestre ó á la historia de nuestro planeta. Y en efecto, ¿no es curioso presenciar, siquiera mentalmente, el espectáculo de los cambios que casi de continuo ocurren en la estructura exterior del planeta por efecto de la acción de las fuerzas opuestas, de las que sólo hemos hecho una imperfecta enumeración? La influencia de los agentes meteóricos destruye poco á poco la obra de las reacciones producidas seguramente por el calor interno, es decir, el levantamiento de los relieves continentales, de las cadenas de montañas y de los conos volcánicos. Los fragmentos de este relieve se dislocan, se desmoronan lentamente, de siglo en siglo, y semejante dislocación en que, según hemos visto, interviene de un modo activo la gravedad terrestre, se acrecienta además por la acción de la gravedad de la Luna y del Sol, la cual produce los fenómenos periódicos de las mareas. Día llegará quizás, en que la ciencia haya hecho tales progresos, que se podrá leer á la vez en el pasado del planeta y adivinar algunas de sus futuras transformaciones.

Mientras tanto no debemos considerar tales hipótesis sino como simples conjeturas, cuyo grado de probabilidad estará en relación con la suma de los hechos positivos y de las leyes establecidas que les servirán de base. Por lo que respecta á los hechos y á las leyes de la gravedad, puede asegurarse que no queda mucho que desear en punto á precisión y á demostración práctica ó teórica, como procuraremos exponerlo con toda claridad en los capítulos siguientes.

equilibrio que se habría establecido poco á poco siguiendo las leyes de la estática de los cuerpos sólidos ó líquidos? ¿Las fuerzas internas de que hablamos lograron vencer la gravedad terrestre mediante una acción brusca ó en virtud de levantamientos pausados y progresivos? En todo caso, aquélla recobra poco á poco su preponderancia y reconquista su imperio. Aprovechase de todo cuanto desprenden de las rocas los agentes atmosféricos, el calor solar y la humedad; de la disgregación incesante que es su consecuencia, para acarrear esos residuos por mil arroyuelos desde las cumbres de las montañas á los ríos de segundo orden, luego á los de primero, y por último al mar. De este modo destruye la gravedad poco á poco cuanto las fuerzas opuestas habían sustraído á su acción, y con el tiempo borra esos relieves. Por otra parte, el empuje continuo de las mareas commueve las peñas de las costas y las socava poco á poco, siendo también la gravedad, aunque por distinta manera, la que contribuye á devolver á la Tierra su nivel primitivo. Acumulando los millones de años en que esto viene sucediendo, se podría calcular la época en que quedará terminada semejante obra de nivelación, suponiendo sin embargo que las fuerzas enemigas ó internas no contrabalanceen la gravedad y levanten otras islas en el seno del Océano, formando así nuevos continentes y nuevas cordilleras.

CAPÍTULO III

LEYES DE LA GRAVEDAD. — CAIDA DE LOS CUERPOS

I

LA PLOMADA. — LA VERTICAL

Un hilo fino y flexible, sujeto á un punto fijo por su extremidad superior, y del que pende una masa bastante pesada para tenerlo tirante, se mantiene en equilibrio después de oscilar un poco: este hilo es la *plomada*, de uso tan general en las artes y oficios.

Si el aire ambiente está tranquilo, si no influye en la plomada más fuerza que la gravedad, su dirección marca la de la gravedad misma, destruida por la resistencia del hilo.

Nadie ignora que esta dirección, en un lugar cualquiera de la superficie del globo, es lo que se llama la *vertical* del lugar. Supongamos que se corta el hilo; en este caso el cuerpo suspendido caerá siguiendo la prolongación de la vertical.

Supongamos ahora que la plomada está suspendida sobre una superficie líquida en reposo, por ejemplo, sobre un baño de mercurio, en el cual se refleja la imagen de aquélla; en virtud de un experimento muy sencillo, hecho con otra plomada que el observador tiene en la mano, se demuestra que las dos líneas formadas por la plomada misma y por su imagen reflejada están en la prolongación una de otra, sea cualquiera la dirección en que se efectúe la visual (fig. 18). Resulta de aquí y de las leyes de la reflexión de la luz que la dirección de la plomada es perpendicular ó normal á la superficie del líquido. Por lo demás este resultado es, como se verá más adelante, una consecuencia de las condiciones de equilibrio de una masa líquida sometida á la sola acción de la gravedad.

Unos resultados de observación tan sencillos, tan fáciles de verificar, han debido ser conocidos en todo tiempo, como en efecto lo han sido, y así lo demuestran las aplicaciones que se les ha dado en las artes de construcción desde la más remota anti-

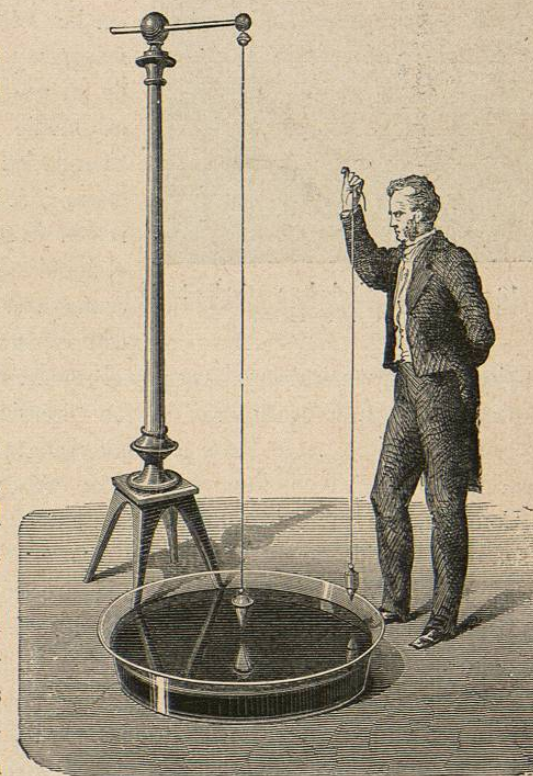


Fig. 18.—Dirección de la plomada perpendicular á la superficie de un líquido tranquilo