

CARTILLAS CIENTÍFICAS

NOCIONES

DE

GEOGRAFÍA FÍSICA

POR

ARCHIBALDO GEIKIE

DOCTOR EN AMBOS DERECHOS, MIEMBRO DE LA SOCIEDAD REAL,
DIRECTOR DE LA EXPLORACIÓN GEOLÓGICA DE ESCOCIA Y
PROFESOR DE GEOLOGÍA Y MINERALOGÍA EN LA
UNIVERSIDAD DE EDIMBURGO

CON LÁMINAS

PARÍS

LIBRERÍA DE GARNIER HERMANOS

6, RUE DES SAINTS-PÈRES, 6

1890



CARTILLAS CIENTIFICAS, *compuestas bajo la dirección de los Profesores HUXLEY, ROSCOE, y BALFOUR STEWART.*

NOCIONES DE GEOGRAFIA FÍSICA

CARTILLAS CIENTÍFICAS

921

NOCIONES

DE

GEOGRAFÍA FÍSICA

POR

ARCHIBALDO GEIKIE

DOCTOR EN AMBOS DERECHOS, MIEMBRO DE LA SOCIEDAD REAL,
DIRECTOR DE LA EXPLORACIÓN GEOLÓGICA DE ESCOCIA
Y PROFESOR DE GEOLOGÍA Y MINERALOGÍA EN
LA UNIVERSIDAD DE EDIMBURGO

CON LÁMINAS

PARÍS

LIBRERÍA DE GARNIER HERMANOS

6, CALLE DES SAINTS-PÈRES, 6

—
1889

98x159

CARTA QUE PUEDE SERVIR DE PRÓLOGO.



Nueva York, Nov. 8, de 1876

Los nombres de los distinguidos Profesores bajo cuya dirección se han preparado y publicado los libros de ciencia elemental acerca de los cuales se sirven Vds. pedirme opinión, bastan para recomendarlos : sin embargo, he querido examinar por mí mismo los tres que me remiten, y que son parte de la colección, para poder contestar á Vds. con mi propio juicio.

Puedo afirmar, Señores, que rara vez se ven consignados en tan breve espacio y con tanta simplicidad los principios rudimentarios de una ciencia. La precisión y claridad de las definiciones, y la sencillez, facilidad y eficacia de los experimentos sugeridos, nada dejan que desear para su objeto. Creo, pues, que la publicación en español de estas cartillas científicas, como Vds. las llaman, será un servicio importante para los pueblos que hablan esa lengua, particularmente para las Repúblicas Sud-Americanas. La teoría de que la instrucción científica debe comenzar en la escuela primaria para desenvolverse en los grados ascendentes de la enseñanza, está prácticamente adoptada en los programas de educación común en la República Argentina, y tal vez en algunas de las otras de Sud-

América : de suerte que la publicación que Vds. intentan va á servir directamente para una necesidad ya sentida.

Agregaré que estimo en tanto el mérito de estos libritos, como elementos de ciencia popular, que me permito anunciarles favorable acogida, no sólo en las escuelas sino también en las familias, entre las cuales pueden difundir los útiles conocimientos y el espíritu de investigación que ellos encierran.

De Vds. atento Servidor,

G. RAWSON.

UN JUICIO INTERESANTE SOBRE LAS “CARTILLAS CIENTÍFICAS”

CARTA DEL SR. P. GROUSSAC

DIRECTOR DE LA E. NORMAL NACIONAL DE TUCUMÁN

Mayo 16 de 1879

La lectura de los nuevos textos suele ser para mí un deber penoso : le doy las gracias por haberme proporcionado una tarea agradable.

Una de las obras que me ha mandado, es debida al profundo investigador de la « *Conservación de la energía* » ; el autor de la segunda es el sucesor, el heredero intelectual de Cobden, en Manchester. Además, los editores ostentan en la primera página, á guisa de premio honorífico, el *satisfecit* del Dr. Rawson. En tales condiciones, la aprobación de un desconocido tiene algo de impertinente.

Sin embargo, no se trata aquí tanto del mérito absoluto de aquellas obras, cuanto de su adaptación á nuestra enseñanza. Puedo entonces dar mi opinión, como lo haría un trabajador acerca de la calidad de sus herramientas.

Mi primera impresión es envidiar la suerte de los niños de hoy ; tan diferente de la nuestra !

Desde que Pestalozzi declaró sagrados los instintos naturales, y de valor inapreciable para la educación el misterioso aletear de las facultades infantiles, — artistas y pensadores procuraron á porfía, hacerles cada vez más suaves y floridas las sendas del saber.

En tiempos pasados, se azucaraba la ciencia *ad usum Delphine*. La edición destinada á un Luis de Francia, inepto y rudo, costó cuatrocientas mil libras : entre tanto morían los hijos de los pobres sin conocer más libro que el misal, cuyas tapas les era dado contemplar una vez por semana, en misa.

Hoy, son nuestros *delfines* todos los hijos del pueblo — y por centenares de millones se cuentan las sumas anualmente invertidas en su educación.

Libros lujosos, mapas, grabados, colecciones, llenando escuelas alegres que parecen hogares, y universidades que parecen palacios ; métodos luminosos y fecundos ; tratados clásicos interesantes como cuentos de hadas ; juguetes que son maravillas del arte ; aparatos científicos cien veces más divertidos y sorprendentes que juguetes : todo eso dado gratuitamente, nos parece apenas suficiente, y cuando aun así se resisten á ilustrarse, culpamos á nuestros textos y aparatos de áridos é imperfectos.

Grandes talentos coronan su gloriosa existencia, dedicándoles las sabrosas producciones de su otoño : Guizot y Michelet les enseñan historia, y Hugo, el viejo luchador, enseña *el arte de ser abuelo*,...

He aquí ahora que Huxley, Jevons, Spencer, Stewart, Roscoe — una pléyade de pensadores — abandonan sus laboratorios para dedicarles los « Cuentos del hogar » de la ciencia.

En verdad, lo repito, nuestros hijos han llegado á buena hora !

No hemos sido quizás menos queridos que ellos — pero seguramente hemos sido menos respetados.

De ese respeto profundo por el niño (*puero reverentia*), son nuevo testimonio las dos « cartillas científicas » que tengo á la vista : excelentes — bajo cualquier aspecto que se las examine. La impresión esmerada, los grabados, hasta el papel algo sombreado : todo está calculado sabiamente y ejecutado como por esos inventores del *comfort*. La traducción no se parece, ni mucho menos, á esos zarzales de barbarismos de tantos textos clásicos : es correcta y hasta elegante.

El estilo es perfecto : refleja el objeto descrito con la exactitud luminosa de un espejo. Ha escrito Taine que Thiers era capaz de hacer entender la Economía Política á un muchacho iletrado : Jevons ha resuelto el problema.

Creo poder afirmar que en nuestra escuela de aplicación, con el texto de Jevons y la explicación oral de un profesor medianamente inteligente, los niños de doce á catorce años llegarán á *saber*, á *comprender* las leyes económicas más culminantes.

De las doctrinas no hay que hablar. Jevons ha sucedido á Ricardo Cobden en el Ateneo de Manchester, cuna de la gran liga libre-cambista : en ese emporio industrial donde todos los coeficientes de la riqueza son cuestiones vitales, sometidas al examen escrupuloso y al diario experimento.

Será tal vez conveniente omitir en nuestras escuelas, los capítulos referentes á las huelgas y salarios,

que dan la solución de un problema social (exceso de población) exactamente opuesto al que tenemos que resolver.

Las « Nociones de Física » no son menos dignas de encomio. Puede decirse que Balfour Stewart se ha mostrado inventor en la simplificación. Modelos de exposición científica y de sagacidad son las explicaciones y experimentos acerca de las fuerzas naturales.

Sólo los sabios de esa talla saben inclinarse y ponerse á nivel de las frentes infantiles.

Sé que los tratados subsiguientes están concebidos en el mismo espíritu y confiados á hombres no menos ilustres.

Ved ahí realizado el deseo de Herbert Spencer : la introducción de la enseñanza científica en la escuela primaria. La ciencia « *que es el saber más útil* », según este pensador inglés, no será ya para los pequeños, un misterioso palacio inaccesible, cuyas ventanas alumbradas están más arriba que el vulgo á quien deslumbran sin utilidad. Ahora, las puertas se abren para los profanos, y las ventanas se bajan á su nivel.

Ese mundo de elaboración humana, formado con los elementos del mundo de Dios, y parecido á éste, como el bosquejo del aprendiz al cuadro sublime del gran maestro, sirve para admirar más al segundo y comprenderlo mejor. El péndulo del reloj ha servido para dar la mejor demostración del movimiento diurno ; la causa de los vientos no ha tenido demostración más clara y grandiosa que el túnel del Mont-Cenis. En este siglo, no hay más

explicación satisfactoria que la científica. Sin referirme á las grandes conquistas científicas, que debería ser vergonzoso emplear diariamente sin comprenderlas, — ¡cuántos experimentos efectuamos ciega y máquinalmente, en un solo día y sin salir de nuestra casa! — La tuerca del péndulo que se levanta para apurar al reloj perezoso; las gotas que resbalan en verano á lo largo del botellón de agua *frappée*; el terrón de azúcar que embebe la gota de café : hé aquí tres incidentes diarios que por vulgares no llaman la atención. Sin embargo, el primero contiene la inmensa teoría del centro de gravedad; el segundo revela el misterio del rocío, y el tercero obedece á la misma ley que el fenómeno fisiológico de la absorción. Me atrevo á creer que muchos padres de familia, aun de los que van á la Bolsa y á la Ópera, no darían de aquellos hechos una explicación satisfactoria á un niño curioso y preguntón.

En adelante, los niños que no pasen por las universidades, no llegarán á hombres sin conocer algo de la naturaleza y de la humana labor : no habrá, por ejemplo, estancieros que acepten resignados la influencia despótica de la luna nueva sobre nuestra atmósfera, ó negociantes que ignoren la periodicidad decenal de las crisis comerciales.

Las nociones científicas adquiridas en la escuela no son menos importantes para los futuros estudiantes de enseñanza secundaria y superior : desde luego se diseñarán las aptitudes; la elección de la carrera será menos librada al acaso y al capricho, — pudiendo así aplicarse con provecho, el principio

económico de la división del trabajo según la adaptación personal.

La iniciación temprana en la ciencia, la familiaridad de sus hechos culminantes facilita sobremanera su completa adquisición ulterior.

Creo firmemente que para surcar el desierto de la ignorancia debe el educacionista imitar á los grandes canalizadores del istmo de Suez. Abrióse primero, de Port-Saïd al Serapeum, una acequia estrecha que facilitó el trasporte del enorme material y fué como el vivo trazado del futuro canal de cien metros de ancho; tomándose así un *avant-goût* de los beneficios que la obra colosal reportaría, y de los obstáculos que el genio del hombre habría de vencer.

En el primer pedido de textos que formule para esta escuela de Aplicación, tendré la satisfacción de incluir las « *Cartillas científicas.* »

S. S. S. y affmo. amigo —

P. GROUSSAC.

ÍNDICE

	ART.	PÁG.
INTRODUCCIÓN	1-16	15
LA FORMA DE LA TIERRA.	17-26	23
DÍA Y NOCHE.	27-38	28

EL AIRE : —

I. Composición del Aire	39-44	32
II. Cambios de la temperatura del Aire .	45-60	34
III. Lo que acontece cuando el Aire se calienta o se enfría	61-69	40
IV. Vapor de Agua en el Aire—Evaporación y Condensación.	70-81	44
V. Rocío, Nebliina, Nubes	82-99	48
VI. De dónde vienen la Lluvia y la Nieve	90-97	53
Sumario	98	56

CIRCULACIÓN DEL AGUA EN LA TIERRA : —

I. Lo que se hace la Lluvia.	99-107	57
II. Cómo se forman los manantiales. .	108-116	61
III. Trabajos subterráneos del Agua. .	117-125	66
IV. Cómo se desmorona la superficie de la Tierra	126-142	70
V. Lo que se hacen las partes desmoronadas de las Rocas. Cómo se hace el Terreno.	143-153	78

	ART.	PÁG.
VI. Arroyos y Ríos. Su Origen.	154-168	83
Sumario	169	89
VII. Arroyos y Ríos. Su Trabajo.	170-182	90
VIII. Campos de Nieve y Heleras.	183-203	97
EL MAR :—		
I. Agrupaciones de Mar y Tierra.	204-211	109
II. Por qué el Mar es salado.	212-216	112
III. Movimientos del Mar.	217-232	114
IV. El Fondo del Mar.	233-251	123
EL INTERIOR DE LA TIERRA.	252-265	128
CONCLUSIÓN	266-268	136
CUESTIONARIO		138

NOCIONES DE GEOGRAFÍA FÍSICA

INTRODUCCIÓN

I. SUPONGAMOS que, corriendo el verano, estamos en el campo, y que se ha fijado día para una excursión de recreo. Algunos se proponen coger flores silvestres, otros hacer colección de piedras, otros en fin no llevan más mira que la de gozar los placeres que suelen proporcionar los días de fiesta. Á los primeros albores del deseado día, todos se despiertan y no caben en sí de júbilo al contemplar el hermoso y brillante sol en un despejado cielo. Está convenido, sin embargo, que no se saldrá sino después de haber almorzado, y cada cual en tanto va y viene presuroso alistando cestos, bastones y otros requisitos para la romería. Mas empieza á oscurecerse el resplandor de la mañana; unas cuantas nubes, antes apenas perceptibles, crecen y se amontonan dando muestras evidentes de una próxima tempestad; y no bien se ha terminado el almuerzo, caen ya gruesas y amenazadoras las primeras gotas. Abríganse, con todo, esperanzas de que sólo será un chubasco, y se continúan haciendo los

preparativos del día. Pero la lluvia no da señales de cesar pronto, antes bien va siendo cada vez más fuerte; el agua principia á formar charcos en los hoyos del camino; y entristecidos se ven todos en la necesidad de renunciar por hoy los placeres de la proyectada correría.

2. Cruel tormento es, á no dudarlo, el verse chasqueado cuando se está á punto de disfrutar prometidos goces; pero veamos si del mal tiempo mismo es posible sacar alguna compensación de la contrariedad que nos impone. En la tarde el cielo se despeja algún tanto, cesa la lluvia, y se llenan los corazones de alegría, porque al menos se puede salir á dar un paseo. Corren todavía á lo largo del camino arroyos de agua fangosa; y por lo tanto, si se me permite que haga las veces de guía, será mi consejo que se vaya por las márgenes del riachuelo vecino. Pasando por húmedas veredas y verdes calles donde aun gotean los árboles y arbustos, pronto llegamos al puente y vemos el río debajo de nuestros pies. ¡Qué cambio ha efectuado la fuerte lluvia de un solo día! Ayer casi se podían contar las piedras del canal, tan reducida se hallaba su corriente y tan cristalina. Contemplémoslo un rato desde el puente. Vedlo ahora lleno de agua que corre precipitadamente, llevando en su superficie innumerables hojas y ramillas, y de trecho en trecho una rama grande ó el tronco entero de un árbol meciéndose y rodando en medio del torrente. Gavillas de paja, tablas de madera, fragmentos de cercado y, de vez en cuando, un pobre ánade sin fuerzas para luchar contra la corriente, indican que

las aguas han desbordado y hecho daño á las fincas situadas río arriba.

3. Nos entretendremos un poco sobre el puente, mirando este incesante y tumultuoso movimiento de las aguas y la constante variedad de objetos que acarrean. Ya pensaréis que acaso sea poco sensible la pérdida de una excursión de recreo, en cambio del grandioso espectáculo de este río hinchado y furioso, rugiendo y precipitándose con su copiosa carga de sombrías aguas. Pues bien, antes de retiraros de aquí, haceos algunas sencillas preguntas acerca de la escena que estamos presenciando, y tal vez encontraréis nuevos motivos para no sentir el fracaso de la proyectada correría.

4. En primer lugar, ¿de dónde proviene toda esta nueva masa de aguas? De la lluvia, decís. Muy bien, pero ¿cómo ha podido entrar en ese anchuroso canal? y por qué no se escurre sin formar río?

5. Mas, en segundo lugar, importa saber de dónde proviene la lluvia. Al tiempo de salir el sol esta mañana, estaba el cielo claro; después vinieron las nubes, y en seguida la lluvia; y diréis que fueron las nubes las que suministraron la lluvia. Pero las nubes hubieron de tomar el agua de alguna parte. Ahora bien, ¿cómo pueden las nubes recoger la lluvia y dejarla caer sobre la tierra?

6. En tercer lugar, ¿cuál es la causa de que el río se precipite en una dirección más que en otra? Cuando estaba baja el agua, y se podía tal vez atravesar el canal caminando sobre las piedras, la corriente, aunque bastante reducida, era sin embargo

perceptible; y se veía que el agua, al correr por el canal, venía siempre de la misma parte. Y ahora, cuando el canal está lleno de oscuras aguas, se nota que la corriente no ha cambiado de dirección. ¿Podéis decirme por qué ésto es así?

7. Hay más : ayer estaba el agua clara, y hoy se ve oscura y fangosa. Si se recoge en un vaso un poco de esta agua al parecer tan sucia, y se la deja durante toda la noche, se verá mañana que el vaso contiene agua clara y un ligero sedimento de fango en el fondo. Luego es fango lo que da al agua este color sucio que tiene. Pero ¿de dónde provino el fango? No cabe duda en que algo tiene que ver el fango con la fuerte lluvia y la crecida de la corriente.

8. Conque este río, estén sus aguas bajas ó crecidas, se mueve siempre en una misma dirección, y el fango que acarrea tiende hacia el propio punto al cual se dirige presuroso el río mismo. Mientras estamos sentados sobre el puente mirando las espumosas aguas que pasan arremolinándose, no podemos menos de preguntarnos ¿qué se hace tan inmensa cantidad de agua y fango?

9. Mas hay que tener presente que este río es solamente uno de los muchos centenares de ríos que surcan la superficie de este país, y que existen miles de otros en los demás países, donde se puede contemplar lo que nosotros hoy hemos contemplado : todos se hinchan en tiempo de grandes lluvias; todos corren hacia abajo; y todos arrastran mayor ó menor cantidad de fango.

10. De camino para regresar á casa, bueno será

pasar revista á los rasgos más importantes de lo que hoy hemos visto. Hemos notado que el cielo á veces está claro y azul, brillando en él un sol hermeso y ardiente; que otras se cubre de nubes, y que cuando éstas se reunen en masa compacta, suele llover. Hemos visto que un río corre; que se pone crecido en tiempo de grandes lluvias, y que estando hinchado, es lo más usual que esté fangoso. Así hemos aprendido que existe una íntima relación entre el cielo encima de nuestras cabezas y la tierra debajo de nuestros pies. Esta mañana nada tenía de extraordinario la reunión de nubes en el cielo; y sin embargo aquellas mismas nubes, antes que viniese la tarde, fueron poco á poco dando origen á la creciente y desbordamiento del río, arrastrando árboles, cercas y productos agrícolas; pudiendo haber causado también la destrucción del puente, la inundación de campos, aldeas y ciudades, la pérdida de muchos bienes y de la vida de gran número de personas.

11. Pero acaso viváis en una gran ciudad y no tengáis la ocasión de presenciar espectáculos como el que os vengo describiendo; en cuyo caso juzgaréis naturalmente que para vosotros estas cosas carecen de interés. Mucho puede aprenderse, sin embargo, acerca de la lluvia y las corrientes, aun en las calles de una población grande. Si se recoge en un plato un poco de agua llovediza, se verá que no es más que agua clara; pero vedla en su rápida carrera por las canales: ¡cuánto fango tiene! Apoderándose del polvo suelto, resultado del desgaste de las piedras por las ruedas de los vehículos

y los pies de los transeuntes, lo ha llevado á las canales, cada una de las cuales se asemeja en ésto al río en tiempo de crecida. Mirad las briznas de paja, corchos, astillas de madera y otros objetos sueltos que van arrastrados de las calles, casi casi del mismo modo que los troncos de árboles lo son por el río. Luego, aun en una gran ciudad, es posible observar cómo cambios acontecidos en el cielo determinan cambios en la superficie de la tierra.

12. Reflexionando un poco, se podrán recordar numerosos ejemplos del modo de relacionarse unas con otras las cosas de la vida común. Desde el tiempo más remoto de que tenemos memoria, nos son conocidas cosas tales como la luz del sol, las nubes, el viento, la lluvia, ríos y, á algunos de nosotros tal vez, el hielo y la nieve; y nos son tan familiares que jamás se nos ocurre detenernos á pensar en ellas. Tal vez os es imposible figurárolas bajo ninguna forma diferente de la que tienen; pues tan naturales os parecen y tan necesarias, que aun extrañáis que siquiera se pregunte la causa de ellas. ¡ Cuál sería el asombro de una persona que, habiendo vivido siempre en un país donde jamás lloviera, visitase por primera vez esta tierra y presenciara un temporal como el de hoy! ¿ No es de suponer que preguntaría, no sin razón, qué significaba aquello? ¿ Quién extrañaría la sorpresa de un habitante de los trópicos, que, pasando en invierno á Nueva York ó á Boston, viese el suelo por do quiera cubierto de nieve, y gentes corriendo y patinando por la sólida superficie de los helados ríos? Si preguntara qué era la nieve, y por qué

estaba tan duro el suelo, tan frío el aire, y aprisionadas las aguas de los ríos bajo una espesa costra de hielo—¿podríais contestar á estas preguntas?

13. Refiérense, sin embargo, estas preguntas á cosas comunísimas que se observan todos los días; pero con un poco de reflexión veréis que no son tan fáciles de contestar como á primera vista podría parecer. No se ha de suponer que ciertas cosas, por ser comunes, carecen de interés; á la verdad nada hay tan común que no merezca estudiarse y cuya explicación no compense la molestia de examinarlo.

14. En las siguientes páginas me propongo invitaros á examinar conmigo algunas de estas cosas comunes. No debéis creer, sin embargo, que es mi único deseo señalaros determinadas lecciones para que las aprendáis, ó exigir que toméis de memoria tales ó cuales conocimientos elementales; antes bien, quisiera que, en vez de daros por satisfechos con lo que se enseña en este tratadillo ú otros libros análogos, sean grandes ó pequeños, os acostumbraseis á ver por vosotros mismos lo que acontece en este mundo de maravillas en que vivimos. En torno vuestro se presentan por do quiera abundantes fenómenos en que practicar tan interesante investigación. Ninguna excursión, simplemente de recreo, por ríos, valles ó colinas, puede proporcionar más sentidos placeres que los que se gozan escuchando atentamente las lecciones suministradas por cada día y cada paisaje. Tened presente que, además de los libros impresos que leéis en vuestras casas ó en el colegio, existe el gran libro de la Naturaleza,

en el cual, hombre y niños, todos podemos leer y continuar leyendo durante la vida entera, sin apurar siquiera una pequeña fracción de lo que tiene que enseñarnos.

15. Este gran libro—del Aire, la Tierra, el Mar,— es el que desearía que estudiaseis. No os contentéis con sólo observar que tales ó cuales sucesos acaecen. Por ejemplo, volviendo á nuestra excursión al río crecido, no dejéis pasar una tempestad, una crecida ú otra causa análoga, sin tratar de aprender algo acerca de ella. Acostumbraos á interrogar á la Naturaleza como lo hicimos cuando regresábamos á casa esta tarde; no descanséis hasta haber descubierto la causa de cuanto veáis acontecer; y si así lo hacéis, aun las cosas más comunes adquirirán para vosotros nuevo interés. Adonde quiera que vayáis, siempre habrá algo que observar, algo que aumente el placer experimentado en la contemplación del paisaje; y ese hábito de observar, con el cual aprenderéis á ver pronto y bien, os será utilísimo, sea cual fuere la profesión ó carrera que elijáis.

16. En las siguientes lecciones deseo indicaros las preguntas que con más ventaja podéis hacer acerca de algunas de las principales partes del libro de la Naturaleza, y particularmente sobre estas dos : el Aire y la Tierra. Cada uno de nosotros debe poseer algunos conocimientos acerca del aire que respiramos y la tierra sobre que vivimos, así como de las relaciones que existen entre ellos. Algo de ésto aprendimos en nuestra excursión de hace poco, al descubrir la relación que había entre la destrucción de haciendas y cercas y la formación de las nubes

en el cielo. Pero aun quedan otras muchas relaciones por conocer. Al inquirirlas, estaréis ocupandoos en asuntos científicos, en la rama de la ciencia á que se llama Geografía Física, y que trata de describir la tierra y todos los fenómenos naturales que tienen lugar en su superficie. Y, sin embargo, esa ocupación ni es muy difícil ni carece de interés; consiste simplemente en seguir atentamente con la vista los cambios que de continuo se están verificando en nuestro derredor, á fin de saber su causa y cómo se hallan relacionados unos con otros

LA FORMA DE LA TIERRA.

17. Antes de observar lo que acontece en la superficie de la tierra, será bueno tal vez que os forméis una idea clara de la forma de la tierra, considerada ésta como una masa, y os penetréis de algunos de los principales caracteres de la conexión que tiene la tierra con el sol.

18. El que se halla en medio de un vasto llano, ó tiende la vista sobre el anchuroso mar, ve el mundo que habitamos como si fuese una inmensa llanura á cuyo borde llegaría encaminándose bastante tiempo en una misma dirección. Tal es la primera idea de todo niño; tal fué también la creencia fija de todos los hombres en los primeros tiempos. Creíase entonces que el sol y la luna salían y se ponían únicamente para comodidad de los habitantes de la tierra; y mirábase el cielo con su muchedumbre de estrellas como una gran cúpula ó bóveda de cristal que cubría la tierra y descansaba sobre ésta.

19. Pero es fácil convencerse de que la vista se engaña acerca de la forma de la tierra, y de que lo que parece ser plano, es realmente curvo. En una comarca ancha y plana, como las hay numerosas en la América del Sur, no se distinguen los árboles y las casas á mayor distancia de unas cuatro ó cinco millas. Si se sube á la torre de una iglesia, se echarán de ver muchos objetos que no se percibían desde el llano; y si por casualidad hubiese en las cercanías una hilera de colinas, se divisaría desde su cima aun mayor número de sitios que antes se ocultaban á la vista. Luego, se ve tanto más lejos cuanto á mayor altura se ascienda sobre el llano.

20. Hay más: supongamos que, mirando desde el pie de un elevado peñasco en la costa del mar, se ven las velas de un buque distante; si se sube á la cima del peñasco, se podrá descubrir no sólo las velas sino también el casco; alcanzando tal vez á divisar algunos otros buques aun más distantes, á manera de simples manchas sobre la línea en que parece que se unen el mar y el cielo, y los cuales sería de todo punto imposible ver desde la playa.

21. Supongamos además, que, sentado sobre dicho peñasco, se estuviere observando durante cierto espacio de tiempo esos buques; algunos de ellos, que al principio apenas se echaban de ver, parecerán irse poniendo cada vez más grandes y más visibles; luego se podrán distinguir los topes de los mástiles y las velas más altas; en seguida las velas más bajas, y finalmente el casco. Esos buques parecerán haber venido navegando de debajo

de lo que antiguamente se creía que era el borde del mundo.

22. Por otra parte, algunos de los buques que antes estaban poco distantes de la costa, se irán alejando poco á poco, desapareciendo primero los cascós, luego las velas y por último los topes de los mástiles.

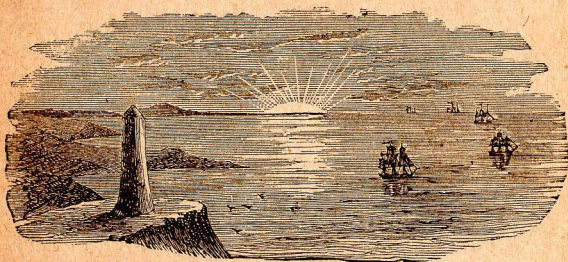


FIG. 1. — Desaparición progresiva de un buque en alta mar, debida á la forma convexa de la superficie de la tierra.

23. Ahora bien, por medio de estas observaciones, se adquiere el conocimiento de hechos que prueban que el mundo que habitamos no es un plano, sino que tiene una superficie convexa, mejor dicho, que es un globo. Emplear de esta manera el sentido de la vista, nada tiene de difícil ó desagradable, y, sin embargo, es practicar lo que se llama la ciencia de observación. Reunir estos hechos y, discuriendo sobre sus relaciones y significado, encontrar que prueban la redondez de la tierra, es lo que se llama hacer una *inducción* ó inferencia. Ahora bien, esta unión de la observación y la inducción, es lo que constituye la *ciencia*.

24. Púedese, pues, observar y probar que la antigua y bastante natural idea acerca de la forma plana de la tierra, era completamente infundada; y que, por planos que parezcan el mar y la tierra, sólo son partes de una gran curva ó superficie convexa. Si, partiendo de Montevideo, se continuase navegando siempre en una misma dirección general, se volvería finalmente á la embocadura del Río de la Plata otra vez, después de haber dado la vuelta al globo; con lo cual se tendría la prueba material de la redondez de la tierra. Pues bien, se han hecho muchos viajes al rededor del globo; y, en vez de llegar á su borde, los *circunnavegantes** han encontrado que la tierra y el mar tienen en todas partes la misma superficie convexa que antes dijimos.

25. Aunque se pueda, sin gran dificultad, creer que la superficie de la tierra es parte de una curva, cuando se tiene á la vista el ancho mar; sin embargo, si se contempla el terreno tan desigual de una región montañosa con sus profundos valles, tal vez no se comprenderá fácilmente cómo es posible que se diga que una superficie tan irregular es parte de una curva. Pero á la verdad la tierra es tan grande que aun las más altas montañas sólo son, en comparación, unos granos en su superficie. En general sólo se puede juzgar, con la vista, la verdadera forma de la tierra en los lugares en que la superficie está nivelada, como en las llanuras; pero aun en las partes más desiguales, existe la convexidad, aunque podamos dejar de repararla.

* Llámense así los que han dado la vuelta al mundo.

26. La curva, con todo, es muy poco sensible, por cuanto las buques en el mar no parece que se hundan sino á distancia de muchas millas; de don-

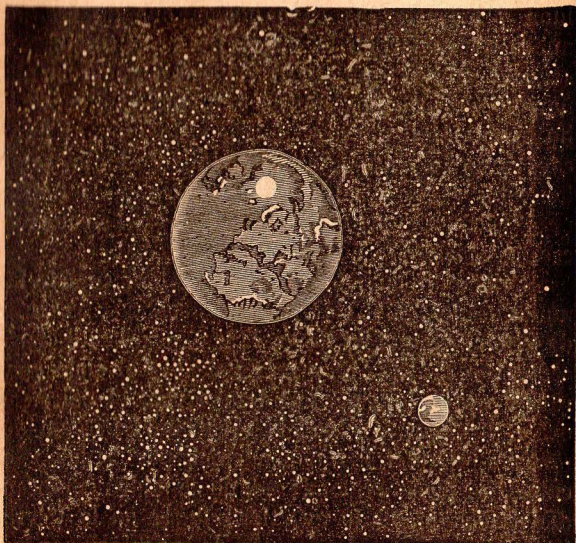


FIG. 2. — La Tierra y la Luna como aparecerían vistas desde el Sol.

de se infiere que tiene que ser muy grande el círculo de que semejante curva forma parte. En efecto, ha sido medido ese círculo por los astrónomos, los cuales han encontrado que si un tren de ferrocarril pudiese dar la vuelta á la tierra, tardaría más de un mes en hacer el viage, andando continuamente á razón de treinta millas por hora.

DÍA Y NOCHE

27. Desde que tenéis memoria estáis acostumbrados á ver el Sol atravesar el cielo cada día, y la luna y las estrellas cada noche, cuando no hay nubes que estorben la vista. De nada estáis más seguros que de que el Sol volverá á aparecer mañana y seguirá moviéndose año tras año como lo ha hecho en el pasado. Habéis visto que, al parecer, se está efectuando un movimiento lento, regular é incesante alrededor de la tierra. ¿ Os habéis preguntado alguna vez cuál puede ser la causa de ese movimiento?

28. Cuando el Sol brilla, hay calor; cuando las nubes oscurecen el cielo, el aire está más fresco, y de noche, cuando no hay sol, se experimenta cierta sensación de frío. Hay más : de día el cielo aparece lleno de luz; pero al desaparecer el Sol en el oeste, empieza á reinar la oscuridad; lo cual demuestra que del Sol dependemos por la luz y el calor. Es, pues, evidente que no se podrá comprender perfectamente lo que tiene lugar en la tierra, hasta que se sepa algo acerca de las relaciones que existen entre ésta y el Sol.

29. Tal vez vuestra primera impresión ha sido semejante á la que tuvieron en un tiempo todos los hombres; esto es, que la tierra permanecía fija como el punto central del universo y alrededor del cual giraban incesantemente el Sol, la Luna y las Estrellas. Todavía hoy decimos de estos cuerpos celestes, que *salen y se ponen*, cual si aun creyéramos que en efecto se mueven alrededor de la Tierra.

30. Pero, en vez de ser el centro del universo, nuestra Tierra no es en realidad sino uno de los numerosos cuerpos celestes que sin cesar giran alrededor del Sol. El Sol es la gran masa central que calienta y alumbrá la Tierra y á cuyo rededor la Tierra de continuo se mueve.

31. La sucesión del día y de la noche, parece ser debida al movimiento del Sol; pero lo es en realidad á la *rotación* ó movimiento de la Tierra sobre su eje. Ésto se explica haciendo bailar un peón ó trompo con la mayor rapidez que sea posible. Durante algún tiempo descansa, al parecer, inmóvil sobre su punta; pero en realidad está bailando muy velozmente. Imagínese una línea vertical que pase por el centro del peón: todas las partes del peón están girando alrededor de esta línea central, á que se llama *eje de rotación*. De la misma manera gira la tierra rápidamente sobre su eje.

32. Tómese un globo terrestre común de escuela, y colóquese distante algunos pies de él y en la línea del círculo de latón, una vela encendida. Estése inmóvil el globo, ó comuníquesele un movimiento rápido de rotación, la mitad más próxima á la vela estará alumbrada y la otra se hallará en la sombra. Estando el globo en reposo, los lugares marcados en uno de sus lados reciben luz, mientras que los del lado opuesto permanecen en la oscuridad. A medida que se hace girar el globo, cada uno de los lugares pasará sucesivamente de la luz á la oscuridad; y en tanto que no se separa la vela, la rotación del globo dará lugar á la alterna-

ción de la luz y la oscuridad en todas las partes de la superficie del mismo.

33. Ahora bien, en lugar del pequeño globo terrestre, supóngase á nuestra Tierra, y al gran Sol en lugar de la débil luz de la vela, y se comprenderá cómo la rotación de la Tierra sobre su eje tiene que determinar alternativamente en cada país luz y oscuridad.

34. No se ha de suponer que el eje de la Tierra consiste en una varilla real y verdadera ú otro objeto análogo. El eje no es más que una línea imaginaria, y los dos puntos opuestos en que ella llega á la superficie y por donde se prolongarían los extremos del eje si fuese una varilla, se llaman respectivamente el *Polo norte* y el *Polo sur*. Van representados por los dos pivotes sobre que gira el globo terrestre.

35. Sobre este eje la Tierra verifica una revolución completa cada veinte y cuatro horas. Durante todo este tiempo el Sol no cesa de brillar; y debe haber siempre un lado de la Tierra alumbrado, mientras que el otro se halla privado de luz, como sucede al globo terrestre con la vela. Ya se deja ver, pues, claramente que, si la Tierra no se moviese, la mitad de su superficie nunca vería la luz, al paso que la otra mitad nunca se hallaría en la oscuridad. Pero merced á su movimiento de rotación la luz y las tinieblas se suceden regularmente en cada parte. Cuando recibimos la luz del Sol tenemos el *Día*; y, cuando estamos del lado oscuro tenemos la *Noche*.

36. Como quiera que el Sol parece moverse de

Este á Oeste, el movimiento real de la Tierra tiene necesariamente que efectuarse en la dirección opuesta. Por la mañana nos vemos llevados á la luz del Sol, que se manifiesta en el Este; poco á poco va subiendo, al parecer, en la bóveda celeste hasta encontrarse al medio día precisamente encima de nosotros; y luego va bajando gradualmente hasta ponerse en el Oeste ú ocaso, pues que la Tierra, en virtud de su rotación constante; nos lleva otra vez á la oscuridad. Aun de noche, sin embargo, se puede contemplar el movimiento de la Tierra, en el modo con que las estrellas sucesivamente van saliendo y poniéndose, hasta que su débil claridad se vuelve á extinguir en medio del resplandor del naciente día.

37. Durante todo el tiempo que la Tierra gira sobre su eje, va *trasladándose* alrededor del Sol; y este movimiento de traslación, se llama la *revolución* de la Tierra en su órbita. Para dar la vuelta completa alderredor del Sol, la Tierra tiene que describir un círculo ú órbita tan ancha, que, con todo de lanzarse con una velocidad media de diez y nueve millas, próximamente, por segundo, tarda algo más de trescientos sesenta y cinco días en hacer el viaje.

38. Por el movimiento de rotación, divídese el tiempo en días y noches; y por el de traslación, en años; de modo que este planeta en que vivimos viene á ser nuestro gran reloj regulador del tiempo.

EL AIRE

I. *Composición del aire.*

39. Cuando se empieza á considerar atentamente el mundo que nos rodea, una de las cosas que llaman primero la atención, es el aire. No lo vemos, y, sin embargo, está presente donde quiera que vayamos, ya haciéndose sensible en forma de blandas brisas, ya precipitándose en violentos huracanes. Pues bien, ¿qué es este aire!

40. Aunque invisible, no por eso deja de ser una sustancia real y material. Cuando se mueve rápidamente el brazo en cualquiera dirección, se siente en la mano la resistencia ofrecida por el aire; luego el aire es una cosa que se puede tocar, pero que no se puede ver. Lo respiramos á cada instante; y nos es imposible deshacernos de él, pues que rodea completamente á la Tierra. Esta capa exterior de aire se conoce con el nombre de *atmósfera*.

41. De los experimentos indicados en las *Nociones de Química* (Art. 9), resulta que el aire no es un cuerpo simple, sino una mezcla de dos gases invisibles—nitrógeno (ó ázoe) y exígeno. Pero, además de estos ingredientes principales, contiene pequeñas cantidades de otras sustancias, visibles algunas de ellas, otras invisibles. Cerrando los postigos de las ventanas de un cuarto, de modo que la luz no pueda penetrar más que á través de una pequeña rendija, se podrá observar algunas de las partículas visibles del aire. Centenares de átomos de polvo revolotean en el rayo luminoso que

los hace visibles en medio de la oscuridad que los rodea, aunque se sustraen á la vista en pleno día. Pero las partes más importantes del aire son las invisibles; particularmente dos de ellas: el *vapor de agua* y el *gas ácido carbónico*, las cuales merecen especial atención, por razones que no tardarán en comprenderse.

42. Ahora bien, ¿qué es este vapor de agua? Para conocer su naturaleza, no hay más que observar lo que acontece en un calderito de agua hirviendo. Del pico sale una columna de nubes blancas que se mantienen en movimiento incesante; y aunque sus partes exteriores se deshacen y desaparecen, la columna se sostiene, abastecida por la corriente que de continuo se desprende del calderito. El agua en tanto va disminuyéndose y, á no llenarse de nuevo el calderito, muy en breve quedará del todo vacío. ¿Qué se ha hecho toda el agua? Se ha convertido en vapor. No se ha perdido ni destruído en manera alguna; sólo ha pasado de un estado á otro, del estado líquido al gaseoso; y actualmente se halla disuelta en el aire.

43. El aire contiene siempre mayor ó menor cantidad de vapor de agua, por más que no se vea mientras permanece en estado de vapor. De él se forman las nubes y las nieblas; él produce la lluvia y la nieve. Si se privara al aire del vapor de agua que contiene, todo se secaría en la tierra y la vida en ella sería imposible. Á medida que se vaya adquiriendo mayor copia de conocimientos acerca de los cambios que se verifican diariamente en torno nuestro, se irá comprendiendo la importancia

del papel que en todos ellos desempeña el vapor de agua.

44. El gas ácido carbónico también es una de las sustancias invisibles de la atmósfera, de la cual, si bien no forma más de cuatro partes de cada diez mil de ella, constituye, sin embargo, un ingrediente importante. Á fin de que se tenga una idea exacta de la importancia de ese gas, diremos que de él extraen casi toda su sustancia sólida la totalidad de las plantas que crecen en la tierra (véase el Art. 11 de las *Nociones de Química*). Cuando una planta muere y se descompone, vuelve al aire el ácido carbónico. Además, las plantas forman no poca parte del alimento de los animales, y así contribuyen á formar la armazón del cuerpo de los mismos. Los animales al respirar exhalan gas ácido carbónico; y cuando mueren y su cuerpo se descompone, restitúyese á la atmósfera toda la cantidad que de dicho gas contenían. Luego, el ácido carbónico entra en la composición de plantas y animales; y estos seres, cuando cesan de vivir, lo devuelven otra vez al aire; manteniéndose así entre la atmósfera y los reinos animal y vegetal una corriente continua de aquella sustancia (*Nociones de Química*, Art. 13).

II. *Cambios de la temperatura del aire.*

45. Sabido es que, aunque no podemos ver el aire, podemos sentirlo cuando se mueve. La brisa más suave y el viento más impetuoso no son menos invisibles que el aire tranquilo; y, sin embargo, sabemos muy bien cuando está en movimiento. Pero el aire, aunque no se mueva, nos revela de otro mo-

do su presencia, á saber, por medio de su *temperatura* (*Nociones de Física*, Art. 51): pues el aire, como las cosas visibles, puede calentarse y enfriarse.

46. De estos cambios de la temperatura del aire, tenemos muy buen ejemplo en lo que sucede dentro de nuestras casas. Al pasar, en invierno, de una habitación caliente á la calle, aunque no haga viento, se experimenta una sensación de frío ¿Cuál es la causa de ésto? No lo produce ninguna cosa visible, pues los pies, si bien descansan sobre el piso, están resguardados por el calzado, y aun no sienten el frío. Es el aire el que está frío y que circundándonos por todas partes, arrebatá el calor de nuestro cuerpo, cuyo calor al mismo tiempo se está *irradiando* ó exhalando al aire por los poros de la piel (*Nociones de Física*, Art. 67). Por otra parte, si, después de haber permanecido expuesto al aire frío, se vuelve á entrar en la habitación, se experimenta al punto una grata sensación de calor, que tampoco es producida por ningún objeto visible, y sí por el aire invisible, el cual se halla en contacto con todas las partes del cutis, que le quita su calor.

47. El aire, pues, puede estar algunas veces frío y otras caliente, y sin embargo, permanecer completamente invisible. Por medio del termómetro (*Nociones de Física*, Art. 51), se puede observar cambios de temperatura tan ligeros, que aun el cutis más sensible deja de percibirlos.

48. Bien pues, ¿cómo es que la atmósfera está unas veces caliente y otras fría? ¿De dónde proviene el calor, y cómo el aire se apodera de él?

49. Veamos otra vez lo que pasa en nuestras casas. En invierno, cuando el aire exterior está penetrante y helado, reina una temperatura suave y agradable dentro de las casas, por mantenerse allí constantemente fuegos. La combustión del carbón y de la leña produce calor, y el calor así desprendido calienta el aire. Luego es por medio del desprendimiento ó *irradiación* del calor producido por la combustión de alguna sustancia, que el aire llega á encontrarse más caliente dentro de las casas que fuera de ellas.

50. Pues bien, es realmente por medio de la irradiación de un cuerpo caliente que el aire exterior recibe su calor. En verano el aire alcanza á veces una temperatura mucho más alta que la que suele reinar dentro de las casas en invierno. Todo este calor proviene del Sol, enorme masa caliente que de continuo despide su calor en todas direcciones.

51. Mas si el Sol está vertiendo siempre su calor sobre la tierra, ¿cómo se explica que el aire á veces está frío? Colóquese una pantalla delante de un buen fuego, y desde luego se notará una disminución en la cantidad de calor procedente de aquél. Si se expone por espacio de algunos segundos una mano á los rayos del Sol, se experimentará una sensación de calor, que desaparecerá al punto si entre éstos y aquélla se interpone un libro. Es que el libro interceptará el calor que pasaba directamente del Sol á la mano. Cuando sentimos fría la atmósfera, es porque algo se ha interpuesto é impide que el calor del Sol llegue directamente á nosotros.

52. Las nubes interceptan el calor directo del Sol. ¿Quién no habrá notado el cambio de temperatura que se produce cuando, en medio de un hermoso día de Sol, una nube viene á interponerse entre éste y la tierra? Se experimenta inmediatamente una sensación de frescor, que se disipa, sin embargo, luego que la nube cesa de interceptar los rayos solares.

53. El mismo aire absorbe una porción del calor del Sol, tanto más considerable cuanto mayor sea la altura de la capa de aire que el calor tenga que atravesar. Además de ésto, los rayos de calor son tanto más débiles cuanto más oblicuos. Por ejemplo, el Sol, al medio día, se encuentra muy alto, esa es la hora en que sus rayos son más verticales



FIG. 3. — Diagrama que representa la influencia ejercida sobre los rayos del Sol por el espesor variable de la atmósfera. A. Línea de los rayos solares por la mañana. B. Línea de los rayos al medio día. C. Línea de los rayos al ponerse el Sol.

(como en B, Fig. 3), y en que es menos alta la capa de aire á través de la cual tienen que pasar. Á medida que el Sol va bajando por la tarde, sus rayos van siendo cada vez más oblicuos y tienen que abrirse paso á través de una capa de aire cada

ves más espesa (como en C, Fig. 3). Por esta razón el calor es mucho más grande al medio día que por la mañana y por la tarde.

54. De noche cuando el Sol se halla debajo del horizonte, su calor no llega directamente á la parte de la Tierra que está en la sombra. Esa parte entonces no sólo no recibe ya calor del Sol, sino que suelta por irradiación á la enfriada atmósfera el calor que había recibido (véase el Art. 59). De aquí que las noches sean más frías que los días.

55. Hay más, excepto en los trópicos, el Sol al medio día se encuentra mucho más alto en verano que en invierno. Sus rayos descienden menos oblicuamente y tienen que atravesar menor espesor de aire, por cuya razón su calor se hace sentir más que en invierno, en cuya estación, como es sabido, el Sol nunca sube muy alto aun al medio día en estas regiones. *

56. De todo lo dicho, se infiere que es del Sol que recibimos el calor, y que cuanto se interpone entre el Sol y nosotros sirve para interceptar el calor y hacer que experimentemos una sensación de frío.

57. Con todo, si no hubiéramos de recibir más calor que el que nos viene directamente del Sol, no lo tendríamos sino mientras éste está visible; los días nublados serían excesivamente fríos y todas las noches tan heladas como las de invierno. Mas no sucede así, pues suele haber días nublados bastante calurosos, y sabido es que no todas las noches son frías, ni mucho menos. Debe, pues, almace-

* Estas observaciones se refieren á las zonas templadas.

narse, digámoslo así, el calor solar en alguna parte, para poderlo sentir aun cuando no se vea al Sol.

58. Hagamos otro experimento dentro de la casa. Si se coloca de respaldo una silla en proximidad del fuego, se pondrá tan caliente que apenas se podrá tocar; pero apartada que sea aquélla á cierta distancia del fuego, no tardará en enfriarse otra vez; con lo cual se comprenderá que la madera de la silla, después de haber absorbido parte del calor, lo ha vuelto á abandonar.

59. No de otra manera se calienta el suelo en verano, tanto que á veces se puede apenas mantener la mano en contacto con él. Ésto se hace más notable en los países cálidos que en las regiones templadas. La tierra y las piedras absorben el calor muy fácilmente, es decir, se calientan pronto, y lo vuelven á perder con igual facilidad. Luego que el Sol los ha calentado, el aire, por estar en contacto con ellos, adquiere calor, y lo conserva más tiempo; de modo que, aun de noche, cuando ellos están ya fríos como el hielo, se siente algo de calor todavía en el aire que los rodea. Por otro lado la superficie de la tierra, cuando está fría, enfría al aire inmediato. La tierra abandona pronto el calor, y así de ella se irradia durante la noche una vasta cantidad de calor que va á perderse en la fría inmensidad del estrellado espacio. Mucho más calor se perdería, sin embargo, de esta manera, á no ser absorbida parte de él por el abundante vapor acuoso de la atmósfera (Art. 43), el cual, á modo de pantalla, digámoslo así, sirve para retardar la irradiación. Por esto es que en los climas cálidos,

donde el aire es seco, — esto es, contiene poco vapor de agua, — las noches son relativamente más frías que en las regiones en que aquél es más húmedo. Del mismo modo, las nubes sirven para impedir la irradiación del calor, y de ahí que las noches nubladas no sean tan frías como las claras y estrelladas.

60. La atmósfera, pues, se calienta ó se enfría según está caliente ó fría la superficie inmediata de la tierra; y por medio de su vapor acuoso, sirve para conservar el calor para repartirlo después evitando así los extremos climatéricos que sin su intervención se verificarían.

III. *Lo que acontece cuando el Aire se calienta ó se enfría. — El Viento.*

61. El aire se enfría si se halla en contacto con una superficie fría, y se calienta en contacto con una superficie caliente; y de estos cambios de temperatura es que depende la formación de los vientos.

62. El aire caliente pesa menos que el aire frío. Ya se ha visto cómo el calor dilata los cuerpos (*Nociones de Física*, Art. 49). Es esta dilatación del aire, ó separación de sus partículas entre sí, la que lo hace menos denso ó de menos peso que el aire frío, en el cual las partículas están más estrechamente unidas. Como consecuencia de esta diferencia de densidad, el aire ligero tiende á subir, y el aire pesado á caer, lo cual se comprueba fácilmente por medio de un experimento. Calientese al rojo por uno de sus extremos una barra de hierro, y al separarla del fuego, aproxímense poco á poco unas briznas de papel, ú otra sustancia lige-

ra, á la parte caliente : se verá que aquéllas al punto subirán. Esto acontece en razón de que el aire, calentado por el hierro candente, se eleva, ocupando su lugar aire frío, el que, calentado también á su vez, se eleva del mismo modo. Las corrientes ascendentes de aire irán siendo cada vez más débiles á medida que se enfría el hierro, y cesarán así que éste haya vuelto á la temperatura del aire que lo rodea.

63. Con arreglo á este principio es que se construyen las chimeneas de las casas. No se enciende el fuego sobre el hogar, donde sería de temerse que se apagara pronto, por falta de un *tiro* de aire suficientemente fuerte por debajo; sino que se pone á cierta altura y debajo del cañón de una chimenea. A medida que se va encendiendo el fuego, el aire inmediato se calienta y empieza á subir, y va á reemplazarlo otro aire atraído por debajo de la rejilla en que está colocado el combustible. Todo el aire que hay encima de aquél, se calienta y sube por el cañón, llevándose el humo y los gases. Ya se deja conocer que por más grato que sea en invierno el aspecto de un fuego brillante, no se aprovecha todo el calor que él produce, sino que mucha parte del calor se va por la chimenea, y sólo calienta algo las paredes al pasar, perdiéndose luego en la atmósfera exterior, cuya temperatura eleva algún tanto.

64. Lo que tiene lugar en pequeña escala dentro de las casas, se verifica en mucho mayor escala en la naturaleza. Como ya dijimos (Art. 50), el Sol es la gran fuente ó depósito del calor que calienta

y alumbra nuestro globo. Mientras dicho calor va atravesando el aire, es poco lo que contribuye á calentar éste último. El calor pasa á través del aire y calienta la superficie de la tierra. Sabido es que los rayos del Sol de verano son bastante calientes para quemar el cutis de la cara, y sin embargo, si se cubre la cabeza con una hoja de papel delgado, cesa en el acto la sensación de quemadura, aunque el mismo aire sigue bañando todo el cuerpo.

65. Tanto la tierra como el agua son calentados por los rayos solares, y se verifica entonces en el aire un cambio exactamente semejante al que se notó al tratarse de la chimenea dentro de las casas. La capa de aire inmediata á la tierra, se calienta y por lo tanto sube, y afluyen sucesivamente otras capas vecinas frías á ocupar su lugar. Este aflujo del aire es lo que se llama *Viento*.

66. Puede observarse fácilmente cómo se levanta el viento. Supóngase, por ejemplo, que se está veraneando en la costa del mar. Durante las primeras horas del día, se nota una ligera brisa que sopla en dirección á la tierra y que á medida que pasan horas, desvanece. Pero por la tarde, viene otra brisa del punto opuesto fresca y deliciosa. Estas brisas son debidas al modo desigual con que se calientan y enfrían la tierra y las aguas del mar.

67. Veamos cómo esto acontece. En un día de calor, se notará que las piedras, el suelo ú otras partes de la tierra se ponen muy calientes bajo los rayos del Sol; y, sin embargo, si se baña uno entonces en el mar, sentirá en sus aguas un grato frescor y comprenderá por ello que el mar no se

calienta tan pronto como la tierra. En la noche que sucede á un día caluroso, se encontrará que la superficie de la tierra llega á ser mucho más fría que el mar, porque éste no pierde el calor tan pronto como aquélla. Durante el día, la tierra caliente calienta el aire que la baña, el cual, haciéndose más ligero, sube; al paso que el aire más frío y más pesado que yace sobre las aguas afluye hacia la tierra como fresca y deliciosa brisa. De noche sucede precisamente lo contrario, pues entonces el aire que yace sobre la tierra, ya enfriada, por ser más frío y más pesado que el que cubre las aguas, aun calientes, se dirige hacia el mar en forma de brisa fresca.

68. Tómese un globo de los que suele haber en los colegios y repárese en alguna de las líneas trazadas en su superficie. Se notará, en el medio entre los dos polos y á igual distancia de ambos, una línea que abarca la parte más abultada del globo. Esta línea, que, como se ve, divide el globo en dos mitades, se llama *ecuador*. Ahora bien, en las partes de la tierra por donde pasa dicha línea, el Sol produce un calor excesivo durante todo el año. El aire allí se halla siempre á una temperatura sumamente elevada y se lanza en corrientes ascendentes. Pero así como el aire caliente á lo largo de aquella faja central se eleva á las altas regiones de la atmósfera, el aire más frío del norte y del sur afluye por la superficie á ocupar su lugar; y esta corriente continua de aire en las regiones ecuatoriales forma lo que se conoce con el nombre de *Vientos aliseos*.

69. En un país como la Gran Bretaña los vientos no son regulares y constantes, ni mucho menos. Si se mira en el mapa la posición que Inglaterra ocupa en la superficie del globo, se echarán de ver fácilmente varios motivos para que los vientos allí sean variables. Al oeste queda el ancho Océano Atlántico, y al este, más allá del estrecho Mar del Norte, cuyas aguas son de poca profundidad, se extiende la inmensa masa continental de Europa y Asia. Al norte se hallan dilatados mares y tierras mucho más frías que la de las Islas Británicas; y al sur otros mares y tierras más calientes. De suerte que, con una superficie tan variada que recibe el calor del Sol, no es de extrañar que unas veces venga un viento caliente de un punto, y otras un viento frío de otro punto.

IV. Vapor de agua en el aire — Evaporación y Condensación.

70. Hase dicho ya (Art. 41) que el vapor de agua es uno de los ingredientes más importantes del aire. Procuremos ver en primer lugar cómo ese vapor se introduce en el aire y cómo se separa de él. Y en este caso lo mismo que en otros anteriores, veremos que las grandes cuestiones científicas pueden á veces explicarse por medio de las cosas más familiares.

71. En una habitación caliente donde ha habido un buen fuego y muchas personas reunidas durante todo el día, podría suponerse que el aire está muy seco. Pero póngase en esa habitación un vaso de agua con hielo y se verá lo que sucede. Al punto se cubrirá la parte exterior del vaso de un ligero

vaho, en medio del cual se formarán en breve pequeñas gotas de agua, que irán aumentando en términos tal vez de que algunas se unan y caigan.

72. ¿Quién no ha notado alguna vez el agua que, en las noches frías, suele presentarse en la parte interior del vidrio de las ventanas, en las salas en que están muchas personas reunidas y particularmente en los salones públicos muy concurridos?

73. ¿De dónde proviene en tales casos la humedad? ¿Del vidrio, acaso? No por cierto, sino del vapor de agua que se halla presente en el aire. Úsase muy á menudo esta palabra *vapor* para designar una especie de niebla ó neblina visible. Pero á semejantes formas de humedad visibles no se les aplica propiamente la palabra vapor, en el sentido en que ésta se emplea en la ciencia. El vapor acuoso del aire es siempre invisible, aun cuando de él esté muy cargado el aire; y sólo se puede ver positivamente cuando vuelve á pasar al estado de agua.

74. Cuando se hace visible el invisible vapor disuelto en el aire, como sucede en las nieblas, las nubes, el rocío ó la lluvia, se dice que está *condensado*, y este pasar una sustancia del estado gaseoso (ó de vapor) al estado líquido, se llama *condensación*.

75. La cantidad de vapor que el aire puede contener varía según la temperatura: el aire caliente puede contener más que el aire frío; lo que se demuestra de un modo sencillísimo. En cada respiración se exhala cierta cantidad de vapor acuoso. Si el aire está caliente, dicho vapor invisible, al salir del

cuerpo, se mezcla con el aire exterior, donde queda disuelto; pero si se enfría el aliento en el momento en que sale de la nariz, se condensa en el acto el vapor, convirtiéndose en humedad visible. Tómese un espejo, por ejemplo, ú otra superficie fría, y échese sobre él el aliento: el vapor que proviene de los pulmones se hará visible inmediatamente en forma de vaho sobre el vidrio; porque el aire, enfriado por el contacto de la superficie fría, no puede contener ya tanto vapor, y parte de éste se condensa. En el invierno no se necesita un espejo para hacer visible el vapor del aliento, pues el aire exterior condensa este vapor en el momento de salir de la boca, y lo convierte en la nubecilla ó neblina que acompaña á cada respiración.

76. Á medida que se enfría el aire, disminuye en él la propiedad de retener el vapor. Cuando llega á ser más frío que la temperatura á que puede retener todo el vapor que tiene en disolución, condénsase el exceso de vapor y se hace visible. La temperatura á que ésto tiene lugar, es el *punto de saturación* ó *de rocío* (Art 85).

77. Ahora bien, para saber cómo este vapor, tan abundante en la atmósfera, se introduce en ella y de dónde proviene, no hay más que verter sobre un plato un poco de agua y exponerla al aire: pasados dos ó tres días, se echará de ver que la cantidad de agua ha disminuído notablemente. Parte de ella ha sido absorbida por el aire, que la absorbería toda con tal que se la dejase expuesta bastante tiempo. Lo mismo sucede con toda el agua que se halla esparcida por la superficie de la tierra —

arroyos, ríos, lagos y hasta el mismo Océano. El agua constantemente se va convirtiendo en vapor, el cual es recibido y retenido por el aire. Esta transformación se llama *evaporación*, y del agua que así se transforma, se dice que *se evapora*.

78. Por cuanto el aire caliente puede contener más vapor que el aire frío, la evaporación debe ser más activa de día que de noche, y en el verano que en el invierno. ¿Quién no habrá reparado una gran diferencia en la rapidez con que se secan los caminos después que ha llovido? Cuando hay Sol, bastan una ó dos horas de su calor para despojarlos de toda humedad y dejarlos perfectamente secos; pero en tiempo frío y pesado, bien puede suceder que permanezcan húmedos durante muchos días. En el un caso el aire caliente absorbe con avidez el vapor del agua de los caminos; en el otro el aire frío sólo absorbe el vapor en pequeñas cantidades.

79. Hay más: en tiempo seco y suficientemente frío para dar vigor, la evaporación se efectúa con gran actividad, porque el aire dista mucho de contener en disolución todo el vapor de que le es posible cargarse. En tiempo húmedo, sin embargo, cuando existe ya en el aire acaso toda la cantidad de vapor que puede contener á semejante temperatura, la evaporación es poco considerable, ó tal vez nula. Estas diversas disposiciones del aire con respecto al vapor, son la razón por la cual las lavanderas encuentran tanta diferencia en la rapidez con que se seca la ropa. Hay días en que el aire absorbe ávidamente el vapor en todas partes, y en que

la ropa se seca pronto; particularmente cuando el cielo está claro y sopla viento, porque á cada momento vienen nuevas cantidades de aire á ponerse en contacto con la ropa, quitándole sucesivamente parte del vapor. Otros días el aire está tan cargado de vapor, que apenas puede contener más, y la ropa se encuentra casi tan húmeda por la tarde como cuando la tendieron por la mañana.

80. Cuando el agua se evapora, el vapor se lleva parte del calor del agua. Si se pone sobre el dorso de la mano una gota de agua y se la deja evaporar, se experimentará una sensación de frío, porque el vapor, al formarse, se lleva parte del calor del cutis. El calor así llevado se desprende después y se mezcla al aire al condensarse el vapor.

81. Se ve, pues, que el aire contiene vapor acuoso invisible, cuya cantidad, aunque pequeníssima en comparación de la cantidad de ázoe y de oxígeno, es enorme, sin embargo, si se considera la masa entera de la atmósfera; que ese vapor se desprende por evaporación de la superficie de todas las aguas de la tierra, y se vuelve al estado líquido por medio de la condensación.

V. *Rocío, Neblina, Nubes.*

82. Después de la puesta del Sol, cuando el cielo está claro, se sabe que la yerba se pone húmeda con el rocío. Por la mañana se pueden ver las neblinas sobre los bosques, arroyos y colinas, y van deshaciéndose poco á poco á medida que el Sol va subiendo por el cielo. En todas las épocas del año, se puede observar cómo las nubes se forman, se

disuelven y se vuelven á formar, cambiando continuamente de tamaño y de forma mientras se mueven en el aire. Pues todas estas cosas ofrecen ejemplos de la condensación del vapor. Veamos cómo se efectúa esta condensación.

83. Ya hemos visto (Art. 76) que la condensación resulta del enfriamiento del aire. Al condensarse el vapor, no toma en seguida la forma de agua corriente. En el vaso frío, al introducirlo en una habitación caliente, se ve primero un ligero vaho, y después se van formando las gotas de agua cristalinas. En realidad el vaho no es otra cosa sino unas partículas de agua infinitamente pequeñas, y la unión de éstas es lo que produce las gotas grandes. Lo mismo acontece en la naturaleza, si bien en grado superior; pues al verificarse la condensación, el vapor aparece primero en forma de niebla ligera; y como la condensación es siempre causada por el frío, donde quiera que se vea formar una nube ó neblina, se podrá concluir que el aire inmediato se está enfriando.

84. *Rocío*. — Este es el nombre que se da á la humedad que al anochecer vemos aparecer sobre la yerba, las hojas y aun á veces sobre nuestros cabellos. Todos habrán contemplado, sin duda, las pequeñas gotas de rocío que brillan por la mañana en el follaje y en los delicados estambres de las plantas. Pues bien, esa humedad no sale de las hojas, ni de las piedras, ni de nuestros cabellos; proviene toda del aire por efecto de la condensación, que es precisamente cómo se formó el vaho en la superficie del vaso frío puesto en contacto con

el aire caliente y húmedo de una habitación. Aquel vaho no era otra cosa sino rocío, y el rocío se forma siempre de la misma manera y en virtud de la misma causa.

85. Durante la noche, si el cielo está claro, la tierra pierde rápidamente el calor por medio de la irradiación, es decir que envía al frío espacio gran parte del calor que ha recibido del Sol durante el día (Art. 59); y de consiguiente su superficie se enfría, como se habrá sentido al tocar con la mano las hojas ó las piedras después de anochecer. La capa de aire inmediata á esa superficie fría, se enfría hasta más allá del punto de condensación; y el exceso de vapor se deposita en forma de rocío sobre la yerba, las plantas, las piedras y otros objetos. Por esta razón es que se llama *punto de rocío* á la temperatura á que comienza la condensación.

86. *Niebla ó Neblina*. — El frío de la superficie terrestre puede producir de otra manera la condensación, como se ve en lo que sucede en las montañas. Cuando un viento caliente y húmedo encuentra á su paso la fría cumbre de una montaña, el aire se enfría y el vapor que contiene se hace visible en forma de niebla ó de nube. Muchas veces se observa que la nube permanece completamente solitaria y que hasta modifica su forma según la del terreno, ni más ni menos como un gorro se ajusta á la forma de la cabeza que cubre. Esto suele notarse con especialidad por la mañana. Avanzando el día, el terreno, calentado por el Sol, no enfría ya más el aire, la atmósfera vuelve á absorber poco á poco la niebla. Luego al acer-

carse la noche, torna á enfriarse la tierra por medio de la irradiación, y si el aire contiene bastante vapor, la niebla vuelve á formarse y á cubrir la cima de la montaña.

87. El aire frío, lo mismo que la tierra fría, condensa el vapor del aire caliente. Si se observa lo que sucede á lo largo del curso de un río, se verán con frecuencia ejemplos de esta forma de condensación. Después de ocultarse el Sol, la tierra de las orillas del río pierde el calor mucho más pronto que el río mismo y de consiguiente el aire en contacto con ella se enfría más que el que yace sobre el río; de modo que cuando el aire frío de las márgenes va á ocupar el lugar del otro aire más caliente y húmedo que se mueve sobre las aguas, se sigue la condensación, formándose la niebla que tan á menudo se ve sobre los ríos durante la noche y las primeras horas de la mañana.

88. *Nubes.* — No es, sin embargo, en la inmediación del suelo, sino arriba en el aire, que se verifica principalmente la condensación del vapor. Entre tantas cosas como nos rodean todos los días, ninguna hay más familiar para todo el mundo que las nubes, que son el resultado de esta condensación. Una nube no pasa de ser niebla formada por el enfriamiento del aire caliente y húmedo cuando éste pierde el calor, por cualquiera causa, tal como la dilatación que experimenta al subir ó el contacto de otras corrientes de aire más frías. Contemplando lo que sucede en el cielo, muchas veces es posible ver las nubes en el momento en que se forman. Nótase primero una nubecilla ó celaje blanco, que

crece por grados ; luego otras y otras ; en seguida todas ellas se juntan, cubriendo el cielo completamente de densas nubes, y finalmente empieza á llover. Todo el vapor así condensado ha sido producido por la evaporación del agua en la superficie de la tierra. Se eleva con el aire caliente, el cual, conforme va ascendiendo y sobre todo al contacto de capas más frías de la atmósfera, no puede retener todo el vapor, sino que tiene que desembarazarse del exceso, condensándose éste en forma de nubes.

89. En las mañanas de verano se ve muchas veces el cielo libre de nubes. Avanzando el día y calentándose la tierra, se forma más vapor, y este vapor, llevado hacia arriba por las corrientes de aire ascendentes, llega á las partes más altas y más frías de la atmósfera donde se enfría y reviste la forma del celaje blanco que suele verse sobre medio día y por la tarde. Luego la evaporación viene á ser menos activa ; las nubes ya no aumentan, sino disminuyen y, llegada la noche, el cielo se presenta completamente despejado. Á fuerza de bajar aquéllas, llegan á ponerse en contacto con el aire caliente inmediato á la tierra, el cual las vuelve á disolver del todo. También se habrá notado frecuentemente que las nubes se mueven de una parte á otra del cielo. Van llevadas por las corrientes de aire superiores, y con una rapidez tanto mayor cuanto sean más fuertes estas corrientes. Así que el cielo á veces se ve completamente encapotado con nubes que han venido desde lejos. Observando estos movimientos de las nubes se viene en conocimiento de los cambios de estado que de continuo experi-

menta el vapor contenido en la atmósfera, ya condensándose en forma de nubes, ya evaporándose y haciéndose invisible, según varían las corrientes de aire.

VI. *De dónde vienen la Lluvia y la Nieve.*

90. Ya hemos estudiado el vapor y visto cómo, después de elevarse de los ríos, lagos y mares de la tierra, vuelve á condensarse y á hacerse visible en forma de nubes. Mas las nubes no permanecen siempre suspendidas en el cielo. Algunas veces se deshacen y disuelven convirtiéndose nuevamente en vapor invisible; y otras muchas veces desaparecen de un modo diferente, á saber, dejando caer su humedad á través del aire en forma de lluvia ó de nieve.

91. *La Lluvia.* — Bien sabido es que la lluvia procede siempre de las nubes; y que cuando el cielo está claro, no llueve. Se puede observar una oscura nube lluviosa desde que empieza á formarse hasta el momento en que descarga sobre la tierra un fuerte aguacero. Téngase presente que, en el experimento del vaso frío colocado en una habitación (Art. 71), las pequeñas partículas de agua que componían el vaho acabaron por juntarse y formar gotas grandes que se escurrieron hacia abajo á lo largo de aquella superficie fría. Pues bien, tanto el vaho sobre el vaso como las nubes en el cielo se componen de pequeñas partículas de agua separadas entre sí por el aire, y la confluencia de esas partículas es la que produce las gotas. En el un caso las gotas se precipitan hacia abajo á lo lar-

go del vidrio frío; en el otro caen á través del aire en forma de lluvia. La lluvia viene á ser, pues, como el grado mayor de condensación del vapor acuoso contenido en la atmósfera. Á medida que prosigue la condensación, las pequeñas partículas van cada vez atrayendo en torno suyo más humedad, hasta que por fin forman gotas de agua demasiado pesadas para poder quedar más tiempo suspendidas en el aire. Éstas entonces caen sobre la tierra en forma de lluvia.

92. *Nieve.* — Pero hay otra forma importante en que la humedad de las nubes puede bajar á la superficie terrestre. Cuando el tiempo es bastante frío, caen al suelo, no ya gotas de agua, sino copos de nieve.

93. Si se trae nieve dentro de la casa, pronto se derrite y se convierte en agua; y ésta, si se la deja expuesta al aire, se evapora. Se deja, pues, comprender que la nieve, el agua y el vapor acuoso no son sino distintas formas de la misma sustancia. Del agua decimos que puede existir en tres estados, gaseoso, líquido y sólido : la nieve ofrece un ejemplo del estado sólido.

94. En las noches sumamente frías, los charcos de agua se ven cubiertos de una costra dura y transparente que se llama *Hielo*; y aunque se haga pedazos esa costra, si el frío continúa, no tardará en formarse otra nueva en la cual quedarán soldados los fragmentos de la primera. Cuanto más grande sea el frío, tanto más espesa será la costra, pudiendo suceder que llegue á solidificarse toda el agua de los charcos. Si se toma con la mano un

pedazo de esta sustancia sólida, se verá que es fría, quebradiza y trasparente; pero si se la coloca en sitio caliente, se derretirá muy en breve, volviéndose agua, la cual desaparecerá en forma de vapor, como antes se dijo. Hielo es el nombre general que se da al agua en estado sólido, pues la nieve y el granizo no son mas que otros aspectos que toma el hielo. Cuando baja más allá de cierto grado la temperatura del agua, ésta pasa al estado sólido — *se congela*, * — por cuya razón esa temperatura se llama el *punto de congelación* (*Nociones de Física*, Art. 51).

95. Podría suponerse que el hielo no es mas que

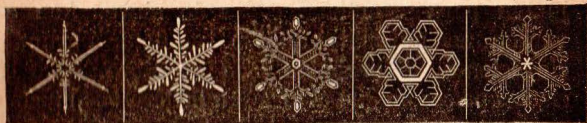


FIG. 4. — Formas de los copos de nieve.

una cosa informe. Pero tómense unos cuantos copos de nieve, y, para que no se derritan, examínense al frío. Cuando yacen juntos en masa, tienen un color blanco puro y opaco, pero en realidad son tan transparentes como el agua, y el aparecer blancos es debido sólo á la manera con que esparcen la luz por medio de las muchas puntas brillantes que presentan. Para convencerse de ello, no hay mas que separar cuidadosamente dos ó tres copos y colocarlos sobre una superficie oscura (la manga de

* *Se toma, ó se hiela.*

la levita servirá muy bien para el caso) : se verá que cada copo es una estrella más ó menos perfecta, que consta de seis rayos formados de agujillas ó cristales de hielo puro y trasparente. Son tan delicados los copos, que suelen desfigurarse chocando unos contra otros al caer por el aire. La fig. 4 representa algunas variedades de ellos.

96. Las capas superiores de la atmósfera son mucho más frías que el punto de congelación del agua; y las nubes al condensarse allí no se convierten en agua. En esas elevadas regiones, el vapor de las corrientes ascendentes de aire caliente que parten de la superficie de la tierra, se condensa y congela en forma de pequeños cristales que se juntan para componer copos de nieve. Aun en verano, las nubecillas que se ven flotar á grandes elevaciones, es probable sean de nieve. Pero en ciertos países en que el aire en invierno es muchas veces sumamente frío, hasta en la misma superficie de la tierra, la nieve cae sobre el suelo y lo cubre con un manto blanco que sólo desaparece cuando vuelve el calor á derretirlo.

97. Además de la lluvia y la nieve, la humedad del aire suele tomar á veces la forma de *granizo*, que consiste en globulillos de hielo parecidos á gotas de agua heladas, y de *agua-nieve*, ó nieve parcialmente derretida. Pero la lluvia y la nieve son las más importantes, y por esto tenemos que estudiarlas todavía con más detenimiento.

98. *Sumario*. — Antes de hacerlo, recapitulemos en pocas palabras lo que se ha dicho acerca del vapor acuoso del aire. Hemos visto que, por cuan-

to se evapora toda el agua que existe en la superficie del globo, el aire está lleno de vapor, que este vapor se condensa y se hace visible en forma de rocío, de niebla y de nubes. Hemos aprendido, además, que el vapor de que están formadas las nubes se convierte en lluvia y nieve y, ya en una ya en otra de estas dos formas, cae á la tierra. Existe, pues, entre la tierra y el aire una circulación de agua; y esta circulación es tan indispensable á la tierra, para hacerla habitable, como lo es á nuestros cuerpos la circulación de la sangre, para sostener en ellos la vida. Agita y lava al aire, quitándole las impurezas, como las que salen de las chimeneas de las ciudades; humedece y vivifica el suelo y lo hace capaz de sostener la vegetación; suministra el agua de los manantiales, los arroyos y los ríos: en fin, es la fuente misma de vida del globo. No puede menos de merecer nuestra particular atención una parte tan importante del mecanismo del mundo; pasemos, pues, en seguida á averiguar qué se hacen la lluvia y la nieve después de caer del aire sobre la superficie de la tierra.

LA CIRCULACIÓN DEL AGUA EN LA TIERRA

I. *Lo que se hace la lluvia.*

99. Aunque el aire sin cesar evapora el agua de la superficie de la tierra, y de continuo se la devuelve por medio de la condensación, no se nota, con todo, pasando años, el menor aumento ó pérdida en las aguas de los mares, lagos y ríos; de don-

de se infiere que los dos procedimientos de evaporación y condensación se compensan una con la otra.

100. Es evidente, sin embargo, que la humedad precipitada del aire en un momento dado no se vuelve á evaporar en el acto. Los caminos no se presentan secos el momento después de haberlos inundado un chubasco; y una lluvia fuerte y de alguna duración puede dejar cubierta de agua una comarca entera por espacio de muchos días. La desaparición del agua se explica en parte por la evaporación, pero sólo en parte : es debida también á otras muchas causas.

101. El agua que de las nubes cae en el mar, forma la mayor parte del agua llovediza del globo, porque la superficie del mar es tres veces mayor que la de la tierra; y esa agua se mezcla con el agua salada en términos de no ser posible distinguirlas una de la otra, compensándose así con la lluvia la pérdida que sufre continuamente el mar por medio de la evaporación. El mar, pues, es la gran fuente evaporadora de donde se desprende la mayor parte del vapor de la atmósfera.

102. Mas no por ésto debe dejar de ser enorme la cantidad total de lluvia que cae sobre la parte sólida del globo. Hase calculado que sobre sólo la superficie de las Islas Británicas, caen anualmente como 68 millas cúbicas; y hay otras infinitas regiones en que la lluvia es mucho más abundante que en aquéllas. Si se averigua lo que se hace esa agua que cae sobre el suelo, se verá que no desaparece en seguida, y sí que da principio á otra especie de circulación. Obsérvese lo que en verano sucede

durante un aguacero. Si éste es fuerte, se verán precipitarse corrientes de agua fangosa por las calles y caminos y por los surcos de los campos; y, siguiendo una de esas corrientes, se la verá unirse á algún arroyo y éste al río, el cual finalmente llega al mar. Ahora bien, si se quiere parar mientes en el número inmenso de arroyos y ríos que hay en el mundo y en que se efectúa este acarreo de agua, se tendrá desde luego idea de lo vasta que debe ser la parte del agua de lluvia que se dirige de la tierra al océano.

103. ¿Pero se dirigirá acaso de una vez al mar de esta manera toda el agua llovediza? Ciertamente que no, como es fácil comprobarlo. Supóngase que antes de la lluvia estuviese el suelo muy seco, y que después se haya sacado con pala un poco de tierra: ésta se encuentra ya húmeda, porque ha absorbido parte del agua llovediza. Y á poder cavarse bastante hondo, ó si se observase lo que sucede en ocasión de hacerse una excavación profunda, se vería no solamente que la tierra del fondo está húmeda sino que contiene mucha agua, que podría recogerse y subirse á la superficie. Claro es, pues, que mucha parte del agua que cae sobre la tierra debe de hundirse y acumularse debajo de la superficie. Podría suponerse que el agua que desaparece así, acaba de seguro por separarse de la circulación general á que antes hicimos alusión. ¿Hundida una vez así, cómo podrá volver á la superficie?

104. Á poco que se examine el asunto, se comprenderá que, suceda lo que sucediere, el agua que-

ha desaparecido de esa manera, no podrá perderse. Si toda la lluvia que penetra en la tierra hubiera por ésto de verse separada para jamás de la circulación antes descrita, claro es que disminuiría de un modo constante y visible la cantidad de agua sobre la superficie; irían siendo cada vez menos profundos y más estrechos los mares, y se secarían los lagos y los ríos. Pero no vemos que en realidad se verifiquen tales cambios. El mar es tan ancho y tan profundo como lo ha sido durante las generaciones pasadas, y muy poca variación han sufrido los ríos y los lagos. Si es verdad, pues, que alguna parte del agua que penetra en la tierra no vuelva nunca á la superficie, debe ser tan poca que no haga diferencia notable en la cantidad devuelta; y, á despecho de la lluvia que así desaparece, continúa sin disminución perceptible la gran circulación entre el aire, el mar y la tierra.

105. Es fuerza, pues, concluir que debe de haber algun medio por el cual el agua, después de haber penetrado en la tierra, vuelve otra vez á la superficie. Ésto se verifica, como se verá en el capítulo siguiente, por medio de *manantiales*, que surgen de la tierra y cuya agua alimenta los *arroyos* y los *rios*, que la llevan finalmente al mar.

106. Ya se puede contestar la pregunta : ¿qué se hace la lluvia? La mayor parte de ella penetra en la tierra, de donde vuelve á salir en forma de manantiales; otra se reúne á los arroyos y ríos y, salvo lo que de ella se evapora, se abre paso sobre la tierra hasta echarse en el mar.

107. Luego el agua de lluvia toma dos vías dis-

tintas : una sobre la superficie de la tierra y la otra subterránea. Lo más fácil será examinar primero esta última vía.

II. *Cómo se forman los manantiales.*

108. En esta lección tenemos que seguir el curso de aquella parte del agua de lluvia que desaparece por debajo del suelo. Á poco que se examine con atención los terrenos y las rocas que componen la superficie de un país, se notará que difieren entre sí en dureza y en contextura ó la disposición de sus partículas : algunos son bastante blandos y porosos; otros son duros y compactos. Por consiguiente hay gran diferencia en la cantidad de agua que pueden absorber. Un lecho de arena, por ejemplo, es *permeable*; esto es, permite que el agua pase fácilmente á través de sus poros, porque los granillos de arena no están íntimamente unidos los unos á los otros, sino que se tocan sólo por algunos puntos, de modo que hay entre ellos huecos ó espacios abiertos en que el agua de la superficie penetra sin dificultad, empapando completamente el lecho de arena cual esponja que se mete en un líquido. Por otro lado, un lecho de arcilla es *impermeable*, porque se compone de partículas muy pequeñas y tan estrechamente adheridas las unas á las otras, que ofrecen resistencia al paso del agua. Todos los terrenos de esta clase estorban el paso del agua, y ésta, en la imposibilidad igualmente de atravesarlos para dirigirse hacia arriba ó hacia abajo, se ve obligada á buscar otra salida.

109. Los terrenos arenosos son secos, porque el agua los atraviesa pronto : los terrenos arcillosos, por el contrario, son húmedos, porque retienen el agua y la impiden penetrar con facilidad más allá en la tierra.

110. Cuando el agua de lluvia ó de nieve derretida se mete debajo de la superficie, penetrando en el terreno ó en las rocas, no permanece allí. Si se hace una hoya bastante honda en la tierra, se verá que el agua que se halla entre las partículas sale por las paredes de la excavación y se reúne formando un charco en el fondo; y por más que se achique ó saque el agua del pozo, no tardará en formarse otro charco, pues el agua continúa rezumándose por los costados; con lo que se demuestra que el agua subterránea corre fácilmente por cualquier canal expedito que encuentre á su paso.

111. Ahora bien, las rocas, sobre ser muchas de ellas porosas, están todas atravesadas por mayor ó menor número de hendiduras, que algunas veces no pasan de ser líneas á manera de rajaduras en el vidrio, pero otras se presentan anchas y abiertas, y no pocas llegan á formar verdaderos túneles. Estos numerosos canales facilitan el paso al agua subterránea. Luego, aunque una roca sea tan dura y compacta que sus poros no permitan la infiltración, no por eso dejará de dar paso á una gran cantidad de agua, con sólo que tenga buen número de hendiduras. La piedra caliza, por ejemplo, es una roca sumamente dura que el agua no puede atravesar fácilmente, y, sin embargo, tiene tantas grietas

y éstas suelen ser tan grandes, que dejan pasar una cantidad considerable de dicho líquido.

112. En los países quebrados, donde el terreno no ha sido nunca arado, se habrá visto que abundan los sitios pantanosos y húmedos, aun durante una larga seca. Aunque tal vez esté abrasada por el Sol toda la tierra que los rodea, la humedad en aquellos sitios persiste no obstante el calor. ¿De dónde reciben el agua? ¿Del aire, acaso? No, por cierto; porque entonces el resto del terreno estaría también húmedo. No la reciben de arriba, sino de abajo : mana de la tierra; y esta continua infiltración de agua subterránea es la que hace que el terreno permanezca húmedo y pantanoso. Se advertirá que, en otros lugares, el agua no sólo se rezuma, sino que forma un arroyuelo cristalino, el cual, siguiendo su corriente hasta donde principia, se verá que mana á borbotones de la tierra en lo que se llama un *manantial*.

113. Los manantiales son la salida natural del agua subterránea. Mas veo que se pregunta : ¿por qué esta agua ha de tener salida, y qué es lo que la hace subir á la superficie?

114. La fig. 5 representa la posición relativa de muchas rocas, tales como se las vería si se hiciese en ellas un corte largo y profundo debajo de la superficie de la tierra. Están colocadas, como se ve por el grabado, en capas planas ó lechos. Supongamos que *a* es una capa plana de roca impermeable, como la arcilla, y que *b* es otra capa de sustancia porosa, como la arena. La lluvia que cae sobre la superficie de la tierra y traspasa la

capa superior, se ve detenida por la inferior, donde ó tiene que acumularse ó que buscar salida á lo largo de la superficie de esta última capa. Si hu-



FIG. 5. — Origen de los manantiales superficiales.

biera una hondura ó un valle cuyo fondo estuviese debajo del nivel por donde corre el agua, brotarían manantiales en los costados de ese valle, como se ve en *s s* en el grabado. Mas conviene tener presente que no siempre sale el agua por la abertura formada por la unión de dos rocas de distintas clases : sírvanle á veces de salida las numerosas hendiduras antes referidas. Pero sea cual fuere la vía que tome, el agua no puede dejar de correr, con tal de encontrar por donde abrirse paso, lo que no le es nada difícil, estando como están las rocas tan llenas de hendiduras.

115. Debe de suceder empero que no poca del agua subterránea descienda mucho más abajo del nivel de los valles y aun debajo del nivel del mar : y, con todo, aunque descendiese muchas millas, acabaría por volver á la superficie. Para poder comprender ésto claramente, no hay mas que seguir una gota de agua, desde que penetra en el suelo como lluvia, hasta el momento en que, después de viajar largo tiempo por las entrañas de la tierra, dando vueltas y revueltas, ya bajando, ya subiendo, aparece nuevamente en la superficie. Húndese en

el suelo junto con otras gotas, y se reúne á alguna corriente de más ó menos caudal, que se desliza á través de las grietas y túneles de las rocas. Bajando así, llega tal vez á una profundidad de muchos miles de pies, hasta dar con una roca que no le es fácil atravesar. Otras gotas, en tanto, que corren

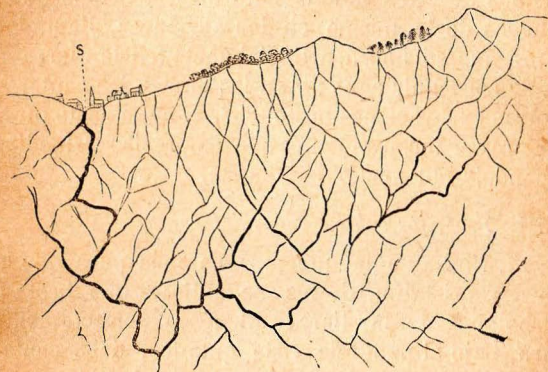


FIG. 6. — Origen de los manantiales profundos. Bajando por las numerosas grietas de las rocas, el agua es conducida á un canal común, por el cual vuelve á subir á la superficie en s como manantial.

en pos de la primera por el mismo camino tortuoso, llegan también á la misma barrera, y todas estas gotas juntas forman una acumulación de agua sometida á la presión de otras todavía que vienen bajando sucesivamente. Apretada así el agua, sin poder seguir hacia abajo, fuerza le es buscar salida en otra dirección; y, en virtud de la presión, penetra en otras hendiduras y pasadizos, por los cuales, ya subiendo, ya bajando, llega finalmente á la super-

ficie, donde salta al exterior en forma de manantial. (*Nociones de Física*, Art. 23.)

116. Así, pues, cada uno de estos manantiales que brotan del suelo, es una prueba de que la circulación del agua se verifica en las entrañas de la tierra igualmente que sobre la superficie. Pero además de estas salidas naturales, tenemos otras pruebas de lo mismo en las aberturas, llamadas *pozos*, que se hacen artificialmente en la tierra á fin de conseguir agua; y en las minas, las canteras y otras excavaciones profundas, el agua suele ofrecer graves inconvenientes que es preciso remediar sacándola por medio de bombas.

III. *Trabajos subterráneos del Agua.*

117. No hay agua que parezca más pura que la clara y cristalina de los manantiales que brota á borbotones de la tierra. El agua perfectamente pura, bajo el punto de vista químico, debe contener sólo dos elementos: oxígeno ó hidrógeno. Pero algo más hay en el agua de todo manantial, por clara y cristalina que sea. Hirviendo una cantidad cualquiera de agua perfectamente pura, se la puede convertir toda en vapor, sin que quede vestigio alguno de ella. El agua de lluvia, si bien toma algo de las impurezas del aire, puede considerarse como casi pura. Pero si se hace hervir una cantidad de agua de manantial hasta convertirla toda en vapor, se verá que queda un residuo de sustancia sólida. Luego el agua clara y cristalina puede no ser químicamente pura. (*Nociones de Química*, Artículos 20 y 21.)

118. Ahora bien, si la lluvia es agua casi en estado de pureza, y si, después de haber circulado en el seno de la tierra, sale en forma de manantial mezclada con otras sustancias, debe de haberlas recibido de las rocas que ha atravesado. Esas sustancias no se perciben con la vista, pues el líquido las tiene en disolución química (*Nociones de Química*, Art. 23). Cuando en una taza de agua se echa un poco de sal ó de azúcar, éstas se disuelven y desaparecen : se unen al agua ; pero aunque han dejado de ser visibles, es prueba de su presencia el gusto que comunican al líquido que las tiene en disolución.

119. Así el agua, penetrando en el suelo por infiltración, disuelve algo de las rocas subterráneas, y lleva á la superficie la sustancia disuelta. « ¡ Alto ahí ! dirá tal vez alguno : el azúcar y la sal se disuelven fácilmente en el agua, pero las rocas nó. ¿ Cómo es posible, pues, que las impurezas sólidas que tiene en disolución el agua, las tome de las rocas ? » Veremos.

120. Recordarán todos que uno de los ingredientes importantes del aire es el gas ácido carbónico, y que esta sustancia la toman del aire y después se la devuelven las plantas y los animales (Art. 44). Al caer á través de la atmósfera, la lluvia absorbe un poco de aire. Recoge también á su paso un poco de gas ácido carbónico, partículas de polvo y hollín, vapores dañosos, ciertos organismos infinitamente pequeños y otras sustancias que revolotean en el aire, ingredientes todos de éste, y de los cuales la lluvia lo desembaraza, tendiendo así á hacer-

lo mucho más saludable de lo que sería sin esta especie de lavado.

121. Pero la lluvia no recoge impurezas en el aire solamente; se le unen otras muchas después que ha llegado al suelo. Si se toma un poco de tierra de un jardín, se notarán en ella unas fibras tenues y raíces en vía de descomposición. Contiene siempre mayor ó menor cantidad de materias orgánicas y, por lo tanto, ácido carbónico y otros ácidos. Si se coloca un poco de tierra sobre un pedazo de hierro y se pone éste en el fuego, se verá que la materia orgánica se quema, que el ácido carbónico se separa, y cambia de color la tierra.

122. Merced al ácido carbónico que recibe del aire y que toma en mayor cantidad del suelo, el agua se halla en estado de poder atacar las rocas y corroerlas de un modo que no puede hacerlo el agua pura. (*Nociones de Química*, Experimento 28.)

123. El agua que contiene ácido carbónico produce un efecto notable sobre muchas especies de rocas, aun sobre algunas de las más duras, disolviendo y separando una cantidad mayor ó menor de la sustancia de las mismas. Si cae sobre la greda, ó piedra caliza, por ejemplo, la disuelve casi por completo y se la lleva en disolución, sin que por ello deje de ser clara y cristalina. Esta acción del agua suele revelarse á veces de una manera singular en las honduras que forma en la superficie de los países donde la greda es abundante. En tales regiones el agua de los manantiales es siempre *cruda*, esto es, tiene mucha materia mineral en disolución; mientras que se llama *dulce* el agua de

lluvia, lo mismo que la de los manantiales que contiene pocas impurezas. (*Nociones de Química*, Art. 26.)



Fig. 7. — Canal subterráneo abierto por el agua en una roca caliza

124. Muchas de las sustancias traídas del seno de la tierra por el agua de manantial, son útiles para la vida de las plantas y de los animales. La cal, la sal y el hierro, por ejemplo, son sustancias

todas acarreadas por ella, y á cual más valiosas. La cal suministra el material para los huesos de los animales, y el hierro la materia colorante de la sangre. Verdad es que en nuestros alimentos sólidos hallamos la mayor parte de lo necesario de aquellas sustancias; pero el agua de los manantiales que las contienen es más saludable para beber y cocinar que el agua llovediza.

125. Como todos los manantiales del globo están trayendo continuamente á la superficie varias clases de materias, es claro que la cantidad de roca disuelta y acarreada debe ser en fin muy grande. Sabiendo ésto, nadie extrañará que haya en el interior de la tierra canales abiertos y túneles para el agua; porque ésta va siempre comiendo algo de la superficie sobre que corre, ensanchando así las grietas y hendiduras y convirtiéndolas poco á poco en anchurosos pasos. De este modo han sido formadas debajo de tierra, en diferentes partes del mundo, cuevas de muchos pies de altura y varias millas de longitud.

IV. *Cómo se desmorona la superficie de la Tierra.*

126. Cuando un edificio de piedra ha subsistido por algunos siglos, sus paredes en general no conservan la superficie lisa que les dieran los albañiles. Las piedras están llenas de agujeros y surcos, y las molduras de las ventanas y las puertas tan desgastadas que es imposible tal vez adivinar las figuras que representaban. Nos es tan familiar este aspecto de los edificios antiguos corroídos por el tiempo,

que si vemos uno que carece de esa circunstancia, dudamos desde luego de su antigüedad.

127. ¿Quién no habrá visto que las lápidas en los cementerios parecen tanto más desmoronadas cuanto más antiguas, hallándose á veces borrados los epitafios en términos de no poderse descifrar los nombres y virtudes en cuya conmemoración aquéllos se hicieron?

128. Esto de irse desmoronando la piedra dura, es cosa familiar á todo el mundo; pero ¿quién se ha preguntado por qué se desmorona, cuál es la causa y cuál el objeto de la descomposición de la piedra?

129. En los edificios y otras obras del hombre hay posibilidad de observar y medir el grado de la destrucción, pues las piedras, por ásperas y desgastadas que se presenten ahora, salieron con cara lisa y bien trabajada de manos de los albañiles. Pero la descomposición no se limita á las obras humanas, antes bien se extiende á la superficie toda del globo.

130. Podrá parecer tan extraño el oír decir que la superficie entera de la tierra está desmoronándose, que se quiera aprovechar toda ocasión para averiguar hasta dónde ésto sea verdad. Examínense todos los edificios viejos y piezas de escultura antiguas que haya á la mano; contémlense los peñascos y barrancas, los peñones y corrientes de agua de la comarca en que se vive: al pie de cada peñasco se verá tal vez el suelo obstruído con trozos grandes y fragmentos pequeños caídos de las rocas de arriba; y á fines de un invierno de grandes heladas, acaso se descubra hasta la huella aun

fresca de una nueva masa recién despegada para ir á aumentar el cúmulo de ruinas abajo.

131. Quien haga este examen, tendrá, á no dudarlo, pruebas de que aun las piedras más duras, con todo de parecer indestructibles, se van desmoronando en efecto. En fin, toda roca expuesta al aire, está sujeta á descomponerse. Veamos, pues, como se efectúa semejante cambio.

132. Con este fin será menester primero dedicar un momento á estudiar otra vez la acción del ácido carbónico ya descrito (Art. 123). Se recordará que el agua de lluvia extrae del aire un poco de ácido carbónico, y que, cuando penetra en el suelo, le es posible, merced al ácido, comer ciertas partes de las rocas subterráneas. Pues bien, lo mismo puede decirse de la lluvia que queda sobre el suelo ó corre por su superficie. El agua de lluvia disuelve poco á poco lo que puede llevarse de las rocas, arrastrando en disolución la sustancia toda ó casi toda de algunas (las calizas, por ejemplo); y disolviendo el cimientto de otras, el cual sirve para unir y afirmar la masa de las rocas, de suerte que éstas se deshacen en materia terrosa ó arena que la lluvia acarrea fácilmente. Luego una de las causas del desmoronamiento de la piedra, es la acción del ácido carbónico recogido por la lluvia,

133. En segundo lugar, el *oxígeno* de la cantidad de aire que se halla contenida en el agua de lluvia, ayuda á descomponer las rocas. Un pedazo de hierro expuesto por algún tiempo al aire en un clima húmedo, se enmohece. Sabido es que los enrejados de hierro, en el transcurso del tiempo,

llegan á corroerse completamente, en términos de poder quitarse de las superficies carcomidas, raspándolas, la costra amarillenta ó polvo que los cubre. Este moho, ú orín, es una sustancia compuesta formada por la unión del oxígeno con el hierro; y continúa produciéndose mientras queda alguna parte del hierro por atacar; pues la lluvia, conforme va separando las capas sucesivas, deja otras nuevas expuestas á la acción del oxígeno. Lo que sucede con un enrejado de hierro ó un cuchillo de acero, acontece asimismo con muchas clases de rocas, las que también se enmohecen absorbiendo oxígeno. Fórmase en su superficie una costra de roca corroída que la lluvia despega, dejando á merced del oxígeno, siempre presente y siempre activo, otra superficie fresca.

134. En tercer lugar, las *heladas* son causa del desmoronamiento de la superficie de muchas partes del globo. Pocos habrá, sin duda, que no conozcan algunos de los efectos del hielo. El reventar las cañerías y resquebrajarse jarros llenos de agua, por ejemplo, son sucesos nada raros en ciertos países donde el frío en invierno llega á ser penetrante en sumo grado. La razón de ésto es que el agua se dilata al congelarse, de suerte que ocupa mayor espacio en el estado sólido que en el líquido; y si se halla entonces estrechada dentro de una vasija ó cavidad reducida, ejerce una gran presión en las paredes, que, á no ser bastante fuertes para vencer la fuerza á que están sometidas, tienen que ceder y por consiguiente estallan. (*Nociones de Física*, Art. 61.)

135. Ya hemos visto cuán fácilmente la lluvia se abre paso á través del suelo. Aun las piedras más duras son algo porosas y absorben cierta cantidad de agua ; así que, al llegar el invierno, no sólo las partes blandas de la tierra, sino también las rocas están llenas de humedad, y ésta, cuando empiezan las heladas, se congela. Ahora bien, aquello mismo que se refirió del agua de las cañerías reventadas y los jarros resquebrajados, sucede con cada partícula de agua, bien se halle ésta reunida en alguna cavidad ó grieta, ó repartida entre los granos de las rocas y de la tierra : al congelarse se dilata, y al dilatarse tiende á separar las paredes que la estrechan.

136. Merced á esta propiedad del agua, la helada suele producir en el suelo ciertos efectos no menos curiosos que interesantes. Si se va á paseo fuera de la población, inmediatamente después de una helada, se verá que las piedrecillas han sido en parte desalojadas de las cavidades que llenaban y que la superficie de la calzada está hecha una capa de lodo menudo. Es que la helada ha separado los granos de arena y de tierra, cual si se los hubiese machucado en mortero. Luego las heladas prestan grandes servicios á los cultivadores, desmenuzando el terreno y haciéndolo más penetrable para las raíces y fibras de las plantas. Si, estando bien cargada de agua la superficie de una roca, sobreviene una helada, sus granos experimentan la misma especie de presión antes descrita, por congelarse el agua dentro de los poros de la piedra ; pero la resisten mejor que los granos de tierra, á causa de estar más

íntimamente unidos los unos á los otros que estos últimos. Ya se deja comprender que las rocas están tanto más sujetas á esta acción cuanto más perosas sean, ó lo que es lo mismo, cuanta más agua puedan contener; siendo de notar que las arenosas suelen á veces dejarse descomponer rápidamente por las heladas, que ora les quitan costras sucesivas, ora desunen sus granos, los cuales luego son arrastrados por la lluvia.

137. Mas el agua no se congela por entre los granos solamente, sino también en las numerosas grietas ó hendiduras que atraviesan las rocas. Se habrá reparado tal vez, al contemplar un peñasco ó las rocas de una cantera, que, á efecto de líneas más ó menos verticales que recorren la masa de la piedra, ésta se presenta hendida por la naturaleza, y que merced á esas líneas ó hendiduras los canteros pueden dividirla en trozos grandes cuadrangulares. Se ha dicho ya (Art. 111) que las tales hendiduras dan paso al agua que baja de la superficie de la tierra. Es claro que muy poca agua puede penetrar de una vez en una de ellas; pero poco á poco las hendiduras se van ensanchando y dan entrada á mayor cantidad de agua, y ésta, cada vez que se congela, trata de separar las paredes de aquéllas. Después que han pasado muchos inviernos, logra al fin separarlas un tanto; luego entra más agua y se aumenta la fuerza de presión ejercida por la helada, en términos de quedar por último completamente partido el trozo de roca atravesado por la grieta. Cuando ésto tiene lugar en el frente de un peñasco, es posible que un trozo así

separado se desprenda del todo y se precipite rodando hasta el suelo.

138. De este género de desmoronamiento se ve



FIG. 8. — Desmoronamiento de un peñasco.

un ejemplo en la fig. 8, que representa un peñasco en que las rocas están atravesadas por grietas perpendiculares. Éstas se han ensanchado de tal modo en la parte delantera, que grandes pedazos de roca, empujados por la presión lateral, se han des-

pegado y caído. En los países donde reinan inviernos rigurosos, suelen ser enormes los estragos causados por las heladas en los despeñaderos.

139. Además del ácido carbónico, el oxígeno y las heladas, hay otros agentes todavía que hacen desmoronar la tierra. Por ejemplo, cuando las rocas, después de haberse calentado mucho durante el día bajo la influencia del Sol, se enfrían rápidamente en la noche por medio de la irradiación, la dilatación y contracción á que se ven sometidas sucesivamente, á causa de los extremos de temperatura, aflojan las partículas de la piedra y los hacen desmoronar, y hasta dan lugar al desprendimiento de capas sucesivas.

140. Hay más : las rocas en que penetra primero mucha agua, que se seca luego por los rayos del Sol y el viento, están sujetas á desmoronarse.

141. Se ve, pues, que son varias las causas que obran de continuo para descomponer y arrastrar las sólidas rocas del globo ; haciendo que todas, las más duras no menos que las más blandas, acaben por ceder y desmoronarse. Verdad es que no todas se descomponen con la misma rapidez. Examinando de cerca las paredes de un edificio antiguo, puede uno notar todos los grados posibles de destrucción ; pues al paso que ciertas piedras presentan pocas señales de deterioro, otras están casi completamente desgastadas. Y cuando ésto se verifica en los edificios, no cabe duda en que debe de acontecer también en la naturaleza ; que los peñones y peñascos se desmoronan con mayor ó menor rapidez según la clase de roca de

que estén formados, y que la destrucción se verifica de distinto modo en cada uno de ellos.

142. Sabiendo, pues, que se va desgastando continuamente toda la superficie del globo, puede ser que se desee conocer el fin ú objeto de tan general destrucción. Acaso sea difícil figurarse tanto estrago en la superficie de un mundo tan risueño y tan hermoso como lo es el nuestro, habiendo tal vez quien considere desde luego esa destrucción como una desgracia difícil de explicar. Pero, en vez de ser una desgracia, el desmoronamiento de la superficie es realmente una necesidad, pues hace que el globo sea habitable para los animales y las plantas, y obra suya es la formación de los valles y barrancos, y los pintorescos perfiles de las colinas y los peñones. Del desmoronamiento de las piedras proviene la tierra vegetal de cuya formación y renovación dependemos para nuestros alimentos. En la lección siguiente se explicará el modo cómo todo ésto se verifica.

V. Lo qué se hacen las partes desmoronadas de las rocas. Cómo se hace la tierra vegetal.

143. Tómese un puñado de terreno y examínese atentamente. ¿De qué está hecho? Se verán pedacitos de piedra desmoronada, partículas de arena y de arcilla, con tal vez unas pocas fibras vegetales; y toda la masa tiene un color oscuro procedente de los restos descompuestos de plantas y animales que se hallan repartidas en ella. Probemos en esta lección á aprender cómo se han reunido estas materias diversas.

144. Volviendo una vez más al general desmoronamiento de la superficie de la tierra, diremos de paso que á este procedimiento suelen aplicarse las palabras *descomposición*, *desgaste* y otras de igual significado. Pero, en realidad, aunque las rocas se desmoronen, disminuyendo así de volumen cada año, no resulta de ello ninguna pérdida efectiva de materia para la superficie de la tierra. Puede descomponerse la sustancia de la roca, pero no se destruye, y sí sólo cambia de estado y de forma. ¿Qué se hace, pues, toda esta materia roqueña que se está desgastando continuamente en torno nuestro?

145. Cada gota de agua que cae sobre la tierra, contribuye á alterar su superficie. Hemos contemplado la acción *química* de la lluvia en el modo con que ésta disuelve parte de las rocas. Es por la constante repetición de este proceso, gota tras gota y chubasco tras chubasco, durante muchos años, que se socavan y desgastan las rocas. Pero la lluvia tiene también una acción *mecánica*.

146. Obsérvese lo que sucede al empezar caerá

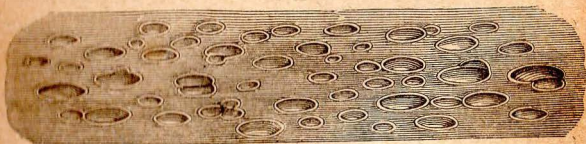


Fig. 9. — Marcas hechas en la arcilla ó la arena por las gotas de lluvia

las primeras gotas sobre una superficie lisa de arena, como la de una playa, por ejemplo. Cada gota hace una pequeña señal ó cavidad, apartando al mismo tiempo los granos de arena. En un de-

clive donde las gotas pueden juntarse y correr hacia abajo, pueden empujar ó arrastrar consigo las partículas de arena ó arcilla. Ésto se llama acción mecánica; mientras que el procedimiento de disolver las partículas, como se disuelve el azúcar ó la sal, se llama acción química. Cada gota de lluvia puede obrar de uno ú otro de estos dos modos ó de ambos á la vez.

147. Sabiendo ésto, es fácil comprender cómo la lluvia puede hacer tanto estrago en las rocas. No sólo disuelve algunas partes de ellas, dejando en su superficie una costra desmoronadiza, sino que se lleva esta costra, con lo cual una nueva superficie queda expuesta á la misma acción destructora. De este modo hay un continuo empujar piedra pulverizada por la superficie de la tierra. Parte de esta materia se acumula en los terrenos bajos, en los declives y en los llanos, y la restante es arrastrada á los ríos que la acarrean al mar.

148. Es de esta piedra desmoronada de que están formadas todas las clases de terreno, hallandose mezclados con ella algunos despojos de plantas y de animales. Difieren por tanto entre sí los terrenos, según la clase de roca que las constituye: son arenosos, por ejemplo, los formados de roca arenisca; calcáreos los formados de piedra caliza; arcillosos los procedentes de roca del mismo nombre.

149. Á no ser por este desmoronamiento de las rocas, la tierra no se vería como se ve cubierta de verdor, porque las raíces de las plantas no podrían penetrar en un suelo de piedra indestructible. Pero

merced á la descomposición de la superficie de las rocas, éstas se cubren de fértiles terrenos en los llanos y los valles, y sólo se presentan desnudas y desprovistas de vegetación en los sitios donde se levantan muy á plomo (cual sucede en los peñascos y en las costas altas y acantiladas), para permitir que se reunan en torno suyo sus despojos desmoronados.

150. Como se está verificando de continuo el desmoronamiento de la superficie de la tierra, es claro que se va formando constantemente nuevo terreno. Ciertamente es que si tal no sucediera, si después de formarse una capa de terreno, hubiese de permanecer siempre inmóvil y sin renovarse, las plantas acabarían por extraer de él todas las materias terrosas que pudieran encontrar hasta dejarlo agotado y estéril. Pero la lluvia arrastra lentamente algunas de sus partículas, y en cambio le acarrea otras nuevas procedentes de las rocas en vía de descomposición; y al mismo tiempo la roca sobre la cual descansa el terreno y las piedras sueltas en la superficie se están deshaciendo y formando nueva tierra; y de esta suerte el terreno lentamente se renueva cada día.

151. Las plantas también ayudan á formar y renovar el terreno. Aflojan y abren los granos y grietas de las piedras por medio de sus raíces que hacen penetrar por entre aquéllos; y sus fibras al descomponerse, suministran la mayor parte del ácido que ataca dichas piedras, proporcionando también la mayor parte de la materia orgánica del terreno, Aun los gusanos comunes que se

ven al sacar una palada de tierra, prestan grandes servicios, mezclando el terreno y trayendo á la superficie lo que está debajo.

152. Pensando en esta descomposición y esta renovación del terreno, se ve que en realidad la superficie toda de la tierra puede ser considerada como una cosa que está trasladándose hacia abajo con dirección al mar. Puede ser que tarden cientos ó miles de años en el viaje las partículas procedentes del desgaste de las cumbres y las faldas de las montañas : detenidas tal vez largo tiempo en los declives antes de ser arrastradas hacia abajo á formar parte del terreno de los valles, y desde allí acaso, al cabo de muchos años, llevadas á las orillas ó al álveo de algún río, llegan finalmente al mar después de numerosas paradas por el camino.

153. Á fin de tener una idea de la importancia de este acarreo del terreno suelto de la superficie, conviene se preste atención á lo que sucede después de algunos chubascos fuertes. Los torrentes y arroyuelos se vuelven turbios y fangosos á causa de la cantidad de tierra — esto es, roca descompuesta — que desde las vecinas cuestas les ha acarreado la lluvia. Lo que oscurece al agua es el fango formado de las partículas menudas de roca descompuesta, rodando las más gruesas por el fondo. Observando los movimientos de estas corrientes y teniendo presente que lo que están haciendo ahora, desde hace muchos siglos lo ejecutan, se comprenderá cuánto puede cambiarse la superficie de un país por la acción de una cosa tan insignificante como á primera vista la lluvia parece serlo.

VI. *Arroyos y Rios. Su origen.*

154. Tenemos ahora que volver atrás á una lección anterior (Art. 107), en la que se hizo mención de lo que se hace la lluvia. Se recordará que una parte de la lluvia se hunde en el suelo, habiendo visto el viaje subterráneo que hace antes de volver otra vez á la superficie; réstanos seguir de igual modo la marcha de la otra parte que corre por la superficie en forma de arroyos y de ríos.

155. Sería difícil encontrar mejor ejemplo de ésto que el que ofrece, cuando llueve, un camino suavemente inclinado. Supongamos que se conoce un camino así dispuesto y que, al empezar á llover, se sitúa el observador en la parte más pendiente. Verá desde luego que cada una de las grandes gotas de lluvia hace en el polvo ó arena una marca ó señal parecida á las antes descritas (Art. 146). Á medida que va arreciando el chubasco, desaparecen las señales y á poco corre el agua á torrentes á lo largo del camino. Obsérvese ahora de qué manera se mueve el agua.

156. Examinando más de cerca el camino, se reparará que está lleno de pequeñas asperezas: aquí un carril ó rodada larga, allá una piedra saliente, y por todas partes un sinnúmero de desigualdades que no se distinguían fácilmente con la vista mientras estaba el camino seco, pero que el agua descubre al punto. Cada hoyito y cada objeto saliente modifican el movimiento del agua. Se ve cómo las gotas se reúnen en pequeñas corrientes que se precipitan por los bajos, torciendo

al parecer su curso, ya de un lado ya de otro, para pasar las piedras salientes y los terroncillos.

157. Hacia la parte superior de la cuesta sólo se ven corrientes muy tenues; pero más abajo van siendo menos numerosas y, al mismo tiempo, de mayor caudal; se juntan unas á otras al bajar, y forman de este modo los arroyuelos más grandes y más rápidos que corren al pie de la pendiente.

158. Ahora bien, este camino pendiente, con sus torrentes de lluvia ramificados que se precipitan cuesta abajo y que, á medida que avanzan, se reunen para dar origen á otros más grandes, sirve muy bien para hacer ver el modo cómo la lluvia se escurre por la superficie inclinada de un país ó de un continente; y más adelante tendremos ocasion de valernos nuevamente del mismo ejemplo.

159. ¿Por qué el agua se precipita hacia abajo de la cuesta? Por qué corren los ríos y por qué han de dirigirse siempre en la misma dirección? Lo hacen por la misma razón que una piedra, abandonada á sí misma en el espacio, cae al suelo; lo hacen por hallarse bajo el dominio de aquella atracción hacia el centro del globo terrestre, á la cual, como todos saben, se da el nombre de *gravedad* (*Nociones de Física*, Art. 4). Cada gota de lluvia que cae á la tierra lo verifica así porque la hace propender hacia abajo la fuerza de dicha atracción. Cuando llega al suelo, se halla todavía tan sujeta como antes á la misma fuerza, y corre hacia abajo por el camino más fácil que encuentre. Su caída desde las nubes á la tierra, es directa y rápida; su descenso desde las montañas á la mar es muchas

veces largo y lento; pero la causa del movimiento es la misma en ambos casos. El serpentear de los arroyos, la impetuosidad de los rápidos, el rugir de las cataratas y el silencio de los ríos profundos y serenos, son otras tantas pruebas del irresistible dominio de la ley de la gravedad sobre las aguas del globo.

160. Atraída así hacia abajo por la acción de la gravedad, toda la parte de la lluvia que no se hunde en el suelo, tiene que empezar á correr desde luego por las cuestas más cercanas y continúan corriendo hasta no más poder. En la superficie de la tierra hay honduras llamadas *lagos*, en que se detiene parte del agua corriente, así como recogen parte de la lluvia las pequeñas concavidades de los caminos. Pero los lagos en general no sirven de lugar de reposo permanente para el agua, pues en los más casos ésta sale por un lado tan rápidamente como ha entrado por el lado opuesto; y las corrientes que así escapan, siguen como antes su camino á la costa del mar. De modo que todas las corrientes se dirigen hacia abajo, y el mar es el gran depósito en que continuamente está echándose el agua de la tierra.

161. Si la superficie de un país consistiese en una cordillera larga y lisa semejante al tejado de algunas casas, el agua se deslizaría pronto de uno y otro lado al mar. Pero no es tal en manera alguna la configuración general de la superficie de la tierra. Montañas y colinas, valles, desfiladeros y lagos forman un perfil sumamente desigual y variado; pero además de estas grandes desigualdades que á la

vista saltan, existen otras menores: alguna pendiente suave, por ejemplo, aun en ciertos sitios al parecer completamente llanos; así como en los caminos puede haber gran número de pequeñas desigualdades que no se reparen hasta que venga la lluvia á descubrirlas. De modo que el agua, con tanto acierto como el más consumado agrimensor, reconoce los planos de una comarca: jamás sube por un declive, y busca siempre el nivel más bajo posible.

162. Ya se deja ver, pues, que aunque lloviese en igual cantidad en todas las partes de un país, la lluvia no podría correr igualmente por toda la superficie; porque el suelo es desigual y el agua tiende á bajar; y es en virtud de esta desigualdad del suelo que el agua se reúne formando arroyos y los arroyos ríos.

163. De modo que los arroyos y los ríos vienen á ser los desagüaderos naturales por donde retorna al mar la lluvia superflua que no necesitan el suelo y los manantiales. Teniendo en cuenta la enorme cantidad de lluvia y el gran número de arroyos que hay en las partes elevadas de los países, parece desde luego casi imposible que tantas corrientes puedan llegar al mar sin inundar las partes bajas. Tal no sucede, sin embargo; porque cuando se juntan dos corrientes en una sola, ésta no requiere un canal otro tanto más ancho que ninguna de aquéllas; de semejante unión, al contrario, suele á menudo nacer una corriente menos ancha que ninguna de las dos que la constituyen, aunque si más rápida y más profunda. De tal suerte miles de arroyuelos, al jun-

tarse en su descenso, van cada vez ocupando menos espacio; hasta verse llevadas al mar por el álveo de un sólo río las aguas superfluas de toda una vasta región.

164. Volvamos al ejemplo del camino en tiempo de lluvia. Subiendo el observador desde el pie de la cuesta, notaba que las corrientes cada vez iban siendo más y más tenues: y al llegar arriba ya no veía ninguna. Con todo, á haber bajado del otro lado, es probable que hubiera visto otras corrientes precipitándose cuesta abajo en la dirección opuesta. Parece que las aguas se dividen en la cima, deslizándose parte de ellas por un lado de la pendiente y la otra por el lado opuesto.

165. Asimismo, si desde el mar se traslada una agua arriba por algún río, verá que éste va estrechándose tanto más cuanto más se avance tierra adentro, ramificándose también con otros ríos menos caudalosos, y éstos con arroyos sin cuento. Tómese cualquiera de aquellas corrientes menores que se juntan para formar la principal y prosígase agua arriba: al fin se dará con los principios de un pequeño arroyuelo, y caminando un poco más, se llegara á la cima del vertiente, del otro lado del cual bajan todas las corrientes en la dirección opuesta. Á la línea que así separa las corrientes de uno y otro lado de un vertiente, se la llama *separación de las aguas*. En la América del Sur, por ejemplo, algunos de los ríos desaguan en el Pacífico y todos los restantes van á dar al Atlántico; y si el mapa se tira una línea que separe los puntos donde nacen los primeros y los últimos, dicha

línea marcará la separación de las aguas de aquel continente.

166. Pero hay un punto importante que el camino en tiempo de lluvia es del todo incapaz de aclarar. Sólo cuando llueve, ó inmediatamente después que ha llovido, se ven corrientes en los caminos; en cuanto cesa de llover, el agua empieza á secarse, recobrando á poco los últimos su aspecto sólido y polvoroso. Mas los arroyos y los ríos no dejan de correr cuando cesa la lluvia. Durante los calores del verano, cuando tal vez han pasado muchas días consecutivos sin llover, corren sin cesar los ríos, algo más reducidos, sí, que en invierno, pero bastante caudalosos todavía. ¿Cómo se sostienen así? *No solamente la lluvia sino también los manantiales alimentan á los ríos*, cantestarán los que tengan presente cuanto dijimos antes acerca de las aguas subterráneas.

167. Aunque el tiempo no sea lluvioso, no por ello dejarán los manantiales de dar su copia de agua, ni ésta de mantener en movimiento los ríos. Pero prolongándose la seca, muchos de los manantiales, particularmente los menos abundantes, cesan de correr, y los ríos á que alimentaban ó menguan ó se secan del todo. Tal sucede con los ríos de la Gran Bretaña, que son todos, relativamente, muy pequeños; pero la prolongación de la lluvia ó de la seca en tal ó cual punto de las vastas regiones desaguadas por los grandes ríos del globo—el Amazonas, el Misisipí, el Orinoco, el Paraguay y otros,—no produce diferencia alguna perceptible en la masa de sus aguas.

168. Los ríos de algunas partes del mundo, sin embargo, son más caudalosos en verano y otoño que durante el invierno y la primavera. El Rin, por ejemplo, empieza á crecer al tiempo de ir en aumento los calores de estío, y vuelve á bajar cuando principian los fríos del invierno. La causa de ésto es que el río nace en montañas cubiertas de nieve. La nieve se derrite rápidamente en el verano, y el agua que de ello resulta se abre paso á los arroyos y ríos, haciendo que crezcan notablemente. En invierno, por el contrario, la nieve no se funde; la mayor parte de la humedad que del aire reciben las montañas cae en forma de nieve, y es tan intenso el frío que los arroyos se congelan. De ahí que disminuya considerablemente la copia de agua en los orígenes de aquellos ríos y decrezca en proporción la corriente de estos mismos.

169. *Sumario.* — Lo que se ha aprendido en esta lección y la anterior, puede reasumirse como sigue, á saber : 1º, que desde las partes elevadas de la tierra, está bajando continuamente el agua al mar; 2º, que no recorre toda la superficie de la tierra, sino que se reúne en los bajos donde forma corrientes que serpentean cada vez en busca de un plano más bajo y finalmente se pierden en el mar; 3º, que del mar está de continuo elevándose vapor al aire, donde se condensa y cae á la tierra, ora en forma de lluvia, ora de nieve, para alimentar aquellas corrientes que bajan al mar. 4º, que esta circulación del agua continúa sin cesar.

VII. *Arroyos y Rios. Su trabajo.*

170. Pidióse, en la lección primera de esta obri-lla, que se observase lo que acontecía en un río. Volvamos ahora á contemplar la misma corriente, pero tal cual ésta se presentaba antes del temporal. Aun no ha venido el chubasco fuerte y repentino á hacer crecer el río, cuyas aguas corren serenamente por el álveo guijarroso, sin cubrirlo enteramente quiza's, y dejando aquí y allá bancos de cascajo y charquillos por entre los cuales límpidas y cristalinas serpentean. El río al parecer no hace más que acarrear holgadamente el agua superflua al mar; de modo que puede causar extrañeza el decir que tiene otra cosa que hacer y que la está haciendo ahora mismo.

171. Pero reflexiónese de dónde viene el agua al río. Se ha visto que en gran parte proviene de los manantiales, y que toda agua de manantial contiene más ó menos materia mineral disuelta procedente de las rocas. Luego todo río está acarreando al mar, no sólo agua sino también grandes cantidades de materia mineral. Hase calculado, por ejemplo, que el Rin, en el espacio de un año, lleva al Mar del Norte cal suficiente para hacer trescientos treinta y dos mil millones de conchas de ostra. Esta materia químicamente disuelta no se distingue á la simple vista ni cambia en manera alguna el color del agua; y durante todo el año, debe de continuar, aunque invisiblemente, este transporte de algunas de las sustancias de las rocas.

172. Mas contemplemos nuevamente el mismo río

durante la crecida. De clara como estaba, el agua se ha vuelto turbia y sucia; y se ha visto que este cambio de color es debido al fango y arena que se hallan suspendidos en aquélla. Se puede estar por muchas horas mirando al hinchado y turbio torrente, y en el trascurso de ellas deben de pasar varias toneladas de cascajo, arena y fango arrastrados por la corriente. Se ve que, además de la materia mineral en disolución química, corre presuroso el río al mar con otras materias que son visibles. Claro es, pues, que al menos parte del trabajo de los ríos consiste en arrastrar las porciones desmoronadas de la tierra que les acarrean los arroyos ó la lluvia.

173. Pero los ríos también toman parte en la general destrucción de la superficie de la tierra, de lo cual es fácil cerciorarse mirando los lados ó el lecho de una corriente al tiempo de estar bajas las aguas. Si la corriente se desliza por una roca dura, ésta se presenta lisa y desgastada, y las piedras del fondo se encuentran asimismo más ó menos lisas y redondeadas. Estas piedras al tiempo de ser arrancadas de los peñones ó los peñascos, bien por el hielo ó de otro modo, estaban llenas de esquinas puntiagudas, como se puede ver examinando dos trozos que yacen en montones al pie, de cualquier precipicio, ó roca escarpada. Pero cuando cayeron ó fueron arrastradas al río, empezaron á rodar y á sufrir el frote de las aguas y las rocas, perdiendo de este modo aquellas esquinas y tomando el aspecto liso y redondo de las guijas comunes.

174. Las piedras al desgastarse desgastan tam-

bién las rocas de los lados y del álveo de los ríos, con las cuales se rozan arrastradas por la corriente. Se puede ver, en algunos de los remolinos de la corriente, cómo las piedras, mantenidas en movi-

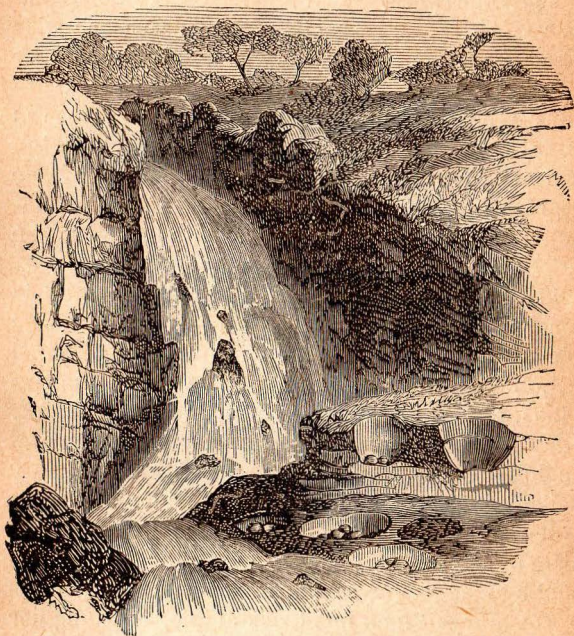


Fig. 10. — Concavidades formadas por un arroyo en las rocas de su álveo.

miento giratorio por aquéllos, hasta forman en la sólida masa de las rocas concavidades grandes y redondas. Cuando escasean las aguas de los ríos y arroyos, como suele suceder durante las secas en

verano, quedan descubiertas á veces algunas de estas concavidades, y examinándolas entonces se verá cuán lisas y pulimentadas se presentan. Su aspecto general es el que se ve en la fig. 10.

175. Ahora bien, es claro que de este incesante desmoronamiento de las rocas y piedras de la madre de las corrientes, deben resultar dos cosas, á saber : 1º, la producción de una gran cantidad de fango y arena; 2º, el desgaste del cauce de los ríos en términos de hacerse éstos más anchos y más hondos. La arena y el fango se agregan á las otras materias parecidas que, también procedentes de la descomposición de la superficie de la tierra, son acarreadas á los arroyos por la lluvia; y ahondando y ensanchando su lecho, los torrentes hacen, en las sólidas rocas, pintorescas excavaciones, tales como pasos, quiebras y barrancos.

176. Habiendo visto por qué los ríos están fangosos, veamos qué se hacen todas las cosas que aquéllos están de continuo arrastrando—fango, arena, cascajo y trozos de piedra.

177. Volvamos á examinar el álveo de un río en verano. Se ve cubierto, aquí con capas de guijas, allá con banquillos de arena, asomando á trechos unos pedazos de roca sólida en medio de tan diversas materias. Observando alguna porción de las sustancias sueltas, se verá que están continuamente mudando de sitio; puede ser que permanezca tal ó cual montón de guijas ó de arena; pero las piedrecillas y los granos que lo componen, cambian de lugar conforme va cubriéndolos el agua. Ello es que con las materias sueltas sobre que corre el río,

sucede algo de semejante á lo que acontece con el río mismo. Si al cabo de muchos años volvemos á sus orillas, encontraremos la misma corriente, las mismas ondas y remolinos y el mismo apacible murmurio; pero aunque el mismo río ha permanecido allí constantemente durante aquel tiempo, sus aguas han ido cambiando á cada paso, como puede verse que cambian todavía. Así, por más que el fondo está siempre cubierto con materias sueltas en mayor ó menor cantidad, éstas no siempre son las mismas, porque van perpetuamente arrastradas río abajo, y vienen á ocupar su lugar otras de más arriba.

178. Luego no es en el fondo de los ríos donde puede encontrar un descansadero permanente la materia desgastada de la superficie de la tierra, y, sin embargo, los ríos, durante su curso, logran deshacerse de una cantidad considerable de dicha materia. Se habrá reparado que muchos ríos corren por entre dos pedazos de terreno bajo y llano, cuya superficie se halla sólo unos pocos pies sobre el nivel del agua. La mayor parte de los ríos de la Gran Bretaña tienen márgenes de esta clase, de modo que no parece sino que cada uno de ellos va serpenteando á través de una larga llanura parecida á un prado. Pues bien, esta llanura se compone de las menudísimas partículas procedentes de la descomposición de las rocas y acarreadas por el río. Durante las avenidas, el río, fangoso y crecido, sale de madre y cubre con sus aguas los terrenos bajos de uno y otro lado. Cuando ésto acontece, el agua desbordada se mueve más lentamente por los

llanos, y, retardada así su corriente, no puede contener tanto fango y arena, sino que deposita parte de estas materias sobre el terreno. Reciben de esta suerte las comarcas inundadas una nueva capa de suelo acarreado por el río, con la cual queda realzado el nivel del llano. Repitiéndose ésto en cada año sucesivo, llega poco á poco á elevarse de tal manera la llanura, que ya el río, el cual en tanto va ahondando incesantemente su cauce, no puede inundarla, aun durante las crecidas más considerables. Andando el tiempo, el río, conforme va dando vueltas, ya de un lado ya de otro, corta pedazos del llano y forma otro nuevo debajo del nivel del primero; haciéndose así sobre el río una serie de escalones sobrepuestos los unos á los otros.



FIG. 11. — Corte de los escalones sucesivos (1, 2, 3) de arena, tierra y guijas, formados por un río á lo largo de un valle (s—s).

179. Empero, estos depósitos de arena y fango con que el río forma uno ó más escalones semejantes á los que acabamos de describir, no pasan de ser una disposición pasajera de aquellos materiales: todavía están sujetos á ser arrastrados, y lo son efectiva y continuamente á medida que el río va desgastando sus orillas.

180. Cuando se ve detenida la corriente de un río al desaguar éste en el mar ó en un lago, es tan débil el movimiento del agua, que permite se depo-

siten la arena y fango sobre el fondo; merced á lo cual algunas porciones de éste se elevan poco á poco á la superficie del agua, formándose vastos espacios llanos y pantanosos de ambos lados de la corriente principal. En tiempo de las avenidas estos espacios se ven cubiertos de agua fangosa, á manera



FIG. 12. — Delta del Misisipi

de los valles antes descritos, y se depositan sobre ellos capas sucesivas de fango ó arena que acaban por elevar su superficie sobre el nivel ordinario del río, cuyas aguas los contornean divididas en infinitas ramificaciones. Empieza á haber vegetación sobre estos llanos pantanosos; ciertos ani-

males también encuentran allí alimentos y abrigo; y, obra del río, se crea de esta suerte un nuevo territorio.

181. Estos llanos debidos á la acción de los ríos, se llaman *deltas*, por tener la forma de la letra griega Δ (*delta*) el del Nilo, que era el más conocido de los antiguos. Tal es la forma que suelen tomar las acumulaciones en la embocadura de los ríos, estrechándose el delta tierra adentro, y presentando su lado más ancho al mar. Algunos deltas, como el del Misisipí, por ejemplo, son de una extensión enorme.

182. Cada delta, pues, se compone de las materias procedentes del desgaste de la superficie de la tierra y arrastradas por el río. Sin embargo, estos deltas, á pesar de lo vasto de algunos de ellos, no contienen la totalidad de aquellas materias : mucha parte es acarreada á grandes distancias mar adentro y se deposita en el fondo del océano ; pues el mar es el gran receptáculo á que van á parar los despojos de la tierra.

VIII. *Campos de nieve y Heleras.*

183. Ya hemos visto lo que se hace el agua que cae á la tierra en forma de lluvia : veamos ahora lo que se hace la nieve (Art. 92).

184. En la cima de algunas de las montañas más altas de la Gran Bretaña, se encuentra nieve durante la mayor parte del año ; habiendo en más de una de ellas umbrosas quebradas donde se pueden ver grandes filones de nieve, aun cuando reinan los calores del estío. Pero sólo en los parajes frescos

y á cubierto como aquéllos es posible que la nieve permanezca sin derretirse.

185. Mas en otras partes de Europa donde las montañas tienen mayor altura, las cumbres y picos más elevados ostentan todo el año una brillante corona de nieve que jamás se funde. Apenas habrá cosa alguna en el mundo que cause tan honda impresión en el ánimo como el silencio y la grandeza de aquellas altas y nevadas regiones. Contempladas desde los valles, las montañas, tan vastas y, al parecer, tan distantes, tan blancas y tan puras, y reflejando, sin embargo, tan maravillosamente los mil colores matutinos y vespertinos que en el cielo resplandecen, tienen á primera vista el aspecto de ser más bien partes del cielo mismo que de la sólida tierra en que vivimos. Pero cuando trepamos ya en medio de ellas es cuando se nos manifiesta de lleno su asombrosa majestad. Destácanse en el azul del cielo picos y picachos de la más deslumbrante blancura, antrecortada aquí y allá por líneas de sombra purpurina ó repechos de oscura peña asomando en medio del blanco manto cuyos anchurosos pliegues cubren doquier las cimas y las faldas de los montes, y desde el cual arrancan largas lengüetas de azulado hielo que van á parar á los prados y viñas de los valles. ¡Qué silencio tan profundo reina en estas nevadas alturas! Sube de vez en cuando una racha de viento trayendo el sonido de alguna catarata lejana, ó el estrépito de algún torrente; ó tal vez retumba cual truenos el ronco son producido por una mole de nieve ó de hielo que, desprendiéndose de

la masa principal. cae rodando de precipicio en precipicio. Mas estos ruidos sólo sirven para hacer más profundo el silencio que les sucede.

186. Veamos por qué debe haber nieve perpetua en tales regiones, y qué papel desempeña la nieve en el mecanismo general del mundo.

187. Hase visto (Art. 96) que los capas superiores de la atmósfera son extremadamente frías. Sábese también que, allá en lo más apartado del norte y del sur, alrededor de aquellas dos partes opuestas de la superficie terrestre llamadas Polos, es el clima muy frío, — tan frío que da nacimiento á vastas soledades de hielo y nieve, y que están helados mar y tierra, sin que el calor del estío sea suficiente para fundir todo el hielo y derretir toda la nieve. Pues bien, en todo lo comprendido entre aquellas dos regiones polares ó glaciales, donde quiera que hay montañas bastante altas para alcanzar á las capas superiores de la atmósfera, en que suele ser la temperatura más baja que el punto de congelación, el vapor del aire al condensarse cae sobre dichas montañas, no en forma de lluvia sino de nieve. En tales regiones montañosas el calor del estío derrite siempre la nieve en los montes de poca elevación, aunque deja cubiertas las más altas. De año en año se ha observado que hay una línea ó límite debajo del cual el terreno se desembaraza de la nieve, y encima del cual ésta permanece. Este límite se llama *línea de las nieves ó línea de las nieves perpetuas*. Varía su elevación en las diferentes partes del globo; siendo mayor en las regiones cálidas de uno y otro lado del ecuador, donde

alcanza á 15000 pies sobre el nivel del mar ; al paso que en las regiones glaciales ó polares, por el contrario, se aproxima al nivel del mar. En otros términos, son tan calientes las regiones ecuatoriales, que, para llegar á las capas frías del aire donde la nieve puede permanecer todo el año, es menester subir muchos miles de pies; mientras que en las regiones polares, es tan frío el clima, que se encuentran nieves perpetuas á poca elevación sobre el nivel del mar.

188. Todo el que haya visto una nevada, habrá reparado como principia. Nótanse primero unos cuantos copos de nieve revoloteando en el aire ; á poco caen más numerosos y más grandes, y el suelo empieza á blanquearse, hasta que, pasadas algunas horas, se halla todo el país cubierto con un manto blanco de seis ó tal vez más pulgadas de espesor. Entre la nieve y la lluvia hay una gran diferencia que á la vista salta. Si lloviese por el mismo espacio de tiempo antes referido, los campos y caminos quedarían todavía visibles, porque cada gota de lluvia, en vez de permanecer en el sitio donde cayera, ó penetraría en el suelo ó correría á reunirse al arroyo más cercano. Cada copo de nieve, por el contrario, se está en el mismo punto en que cayó, á no ser que lo lleve el viento á algún otro sitio donde definitivamente permanezca. La lluvia desaparece del suelo tan pronto como pueda : la nieve se queda todo el tiempo que le sea posible.

189. Ya se echa de ver que tan marcada diferencia en el modo de obrar de estas dos formas de humedad, debe de dar origen á otras diferencias no

menos marcadas en su conducta sucesiva. Hemos visto lo que se hace la lluvia : hagamos por descubrir qué se hace la nieve.

190. En un país como Inglaterra, donde no hay nieve perpetua, es fácil contestar la última pregunta. Cada nevada en invierno permanece sobre el suelo mientras el aire no esté bastante caliente para derretirla. Verdad es que la evaporación tiene lugar en la superficie de la nieve y del hielo, lo mismo que en la del agua; de modo que una capa de nieve acabaría por convertirse en vapor, aun cuando parte de ella no se hubiese transformado ya en agua corriente. Al acto de derretirse la nieve y el agua helada, se llama *deshielo*, el cual es causado siempre por cierta elevación de temperatura. La nieve al derretirse penetra en el suelo y va á reunirse á los arroyos, de igual manera que la lluvia; siendo innecesario describir su curso sucesivo, por confundirse con el del agua llovediza. Conviene se tenga presente, sin embargo, que si á una fuerte nevada sucede inmediatamente el deshielo, la enorme cantidad de agua que entonces se produce, da lugar á grandes avenidas en los arroyos y ríos, pudiendo ser terribles los efectos de las consiguientes inundaciones.

191. En las regiones de las nieves perpetuas no basta el calor del verano á derretir toda la nieve que allí cae durante el año. ¿Qué otra salida puede encontrar, pues, aquella humedad helada? Que algún medio debe tener de apartarse de los montes, cosa es bastante clara; porque, á no ser así, y á acumularse allí la nieve de año en año y de siglo

en siglo, crecerían las montañas en términos de llegar á ser vastas masas níveas que, extendiéndose por todos lados. acabarían por dejar sepultados los terrenos bajos que las rodean. Mas no tal sucede, ni mucho menos. Estas nevadas cumbres de grave aspecto son siempre iguales de generación en generación; jamás cambian de perfil, ni queda borrada jamás ninguna de sus bien conocidas facciones, á efecto de acumulaciones de nieve siempre crecientes.

192. Se recordará que las aguas llovedizas superfluas son arrastradas al mar por los ríos. Pues el exceso de nieve sobre la línea de las nieves perpetuas, se disipa por medio de un desagüe algo semejante; esto es, por las llamadas *heleras*.

193. En cuanto se ha acumulado una masa de nieve de cierta profundidad, las capas inferiores se solidifican á efecto de la presión que las hacen experimentar las capas superiores. La superficie del suelo rara vez es enteramente plana, antes bien suele tener alguna inclinación en esta ó la otra dirección; y sabido es que entre las montañas altas los declives son á menudo muy violentos. Reunida, pues, la nieve en masa bastante profunda, llega un momento en que la gravedad vence la tendencia de la nieve apretada á permanecer inmóvil; y entonces ésta empieza á deslizarse lentamente hacia abajo. De un declive pasa al inferior inmediato, y así a continuación, juntándosele en tanto otras masas semejantes procedentes de los declives vecinos, hasta formarse una lengua muy larga ó témpano que, bajando poco á poco, va á parar á algún valle

donde se derrite. Á este témpano que baja de los campos de nieve, es al que se da el nombre de helera; y, para el acarreo de las nieves superfluas de aquéllos, se puede asegurar que es tan eficaz como lo es un río para el acarreo de las aguas superfluas de una comarca.

194. Pero no es de nieve, sino de hielo, la helera misma que proviene de los campos de nieve. Á medida que va deslizándose, la nieve sufre una presión que la convierte en hielo. Se ha visto que cada copo de nieve se compone de pequeños cristales de hielo; de modo que una masa de nieve no es otra cosa que una masa de menudos cristales de hielo, separados entre sí por cierta cantidad de aire. Luego, apretando la nieve, se exprime el aire que contiene, y entonces los cristales de hielo se juntan los unos á los otros en masa sólida. Nadie ignora que se puede hacer muy dura una pella de nieve apretándola con fuerza entre ambas manos, y que se pone más dura cuanto más fuertemente se apriete. En esta operación se verifica con la pella lo que con las nieves eternas en la operación de convertirse éstas en heleras; esto es, se exprime el aire á fin de permitir que las partículas de hielo se unan intimamente las unas á las otras, formando un pedazo de hielo compacto, Mas la fuerza de las manos no basta á exprimir todo el aire, y por consiguiente la pella, á pesar de tantos esfuerzos, permanece blanca á causa del aire que contiene todavía. En los campos de nieve, empero, la presión es inmensamente mayor, y va exprimiendo cada vez más aire, hasta

dejar trasformada la nieve en hielo claro y trasparente.

195. Una helera, pues, es un río, no de agua sino de hielo, que baja de los campos de nieve. Desciende á veces á una gran distancia debajo de la línea de las nieves perpetuas, moviéndose lenta-

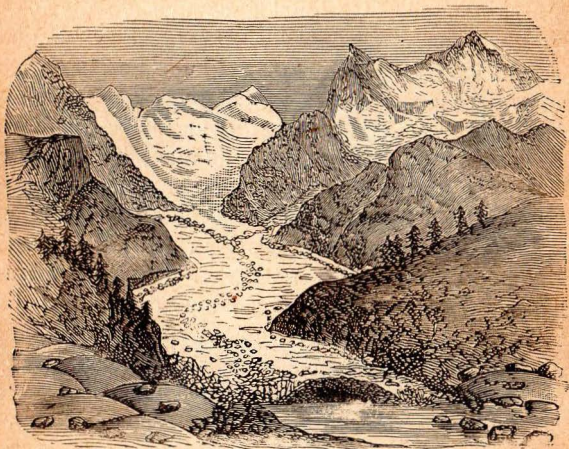


FIG. 13. — Vista de una helera, con sus morainas, llevando blocs erráticos; trozos de roca desgastados por el hielo; y el río saliendo de la extremidad inferior de la helera.

mente por el valle, que llena por completa de uno á otro lado. Su superficie en tanto va deritiéndose durante el día en verano, dando nacimiento á raudales de agua clara que se precipitan á lo largo del hielo. Durante la noche estas corrientes están heladas. Al fin llega la helera á algún punto del

valle más allá del cual no puede pasar, porque el calor del aire funde el hielo con demasiada rapidez. Así se acaba la helera, y de su extremo inferior que está continuamente deritiéndose, saltan corrientes de agua fangosa que, reunidas en río impetuoso, arrastran el desague de los campos de nieve,

196. En el adjunto grabado (fig. 13), van representados algunos de los principales caracteres de una helera. En el fondo se levantan las nevadas cumbres, entre las cuales se encuentran los campos de nieve. De ambos lados la nieve va cayendo en el valle principal donde se forma la helera, que se desliza siguiendo las sinuosidades del valle hasta ser detenida repentinamente, como se ve, saltando un río del extremo inferior del hielo en fundición.

197. Un río demuele el fondo y los lados de su cauce, haciéndose de este modo un lecho, tanto en la roca más dura cuanto en el terreno más blando (Art. 173). Arrastra asimismo una cantidad inmensa de fango, arena y piedras desde la tierra al mar (Art. 172). Todo ésto lo hace también una helera, pero de un modo diferente.

198. Cuando caen piedras en el río, se van al fondo y allí ruedan á impulso de la corriente. Cuando entra fango en el río, queda suspendido en el agua, que lo acarea así en suspensión. Pero el hielo componente de una helera, es una sustancia dura y compacta. Las piedras y el fango que caen sobre su superficie, permanecen allí, y son acarreados con la masa entera de la helera. Son, sin embargo, muy abundantes los destrozos desprendidos

de los lados del valle, bien sea por la helada ó por otra causa, y por dos vías logran meterse debajo de la helera, entre el hielo y el suelo sobre el que se desliza, á saber : por los anchurosas hendiduras que se abren en la helera al romperse el hielo, cosa que sucede á menudo; y por entre las orillas de la helera y los costados del valle.

199. Ahora bien, en virtud del peso inmenso y el movimiento de la helera, las piedras y granos de



Fig. 14. — Piedra suelta eubierta de estrias y pulimentada á efecto del hielo de las heleras.

arena que se hallan apretados entre dicha helera y la roca sobre la cual se mueve, no pueden menos de raspar lo roca. En efecto, obran á manera de un polvo grueso de pulimentar, digámoslo así, con que la helera está continuamente desgastando el fondo y los costados de su cauce. Colándose por debajo del hielo, ó echando una ojeada rápida á cualquiera parte del lado de donde se haya apartado un tanto la helera, se verá que la superficie de la roca está demolida y llena de estrias, obra de las agudas esquinas de las piedras y la arena. Van represen-

tadas en el primer plano de la fig. 13 algunas rocas redondeadas y desgastadas así por el hielo.

200. En seguida veremos por qué es siempre fangoso el río que sale del extremo de una helera. La parte inferior de ésta está llena de piedras que, engastadas, por decirlo así, en su masa, van raspando y desgastando la roca sobre la que el hielo se desliza

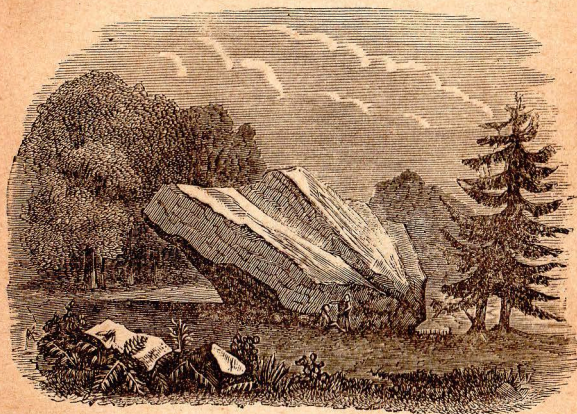


FIG. 15. — Bloc errático llevado por una antigua helera desde los Alpes á los montes del Jura.

y produciendo por tanto una gran cantidad de lodo que, arrastrado por las aguas que corren bajo la helera, enturbian el río formado por las mismas á la salida antes mencionada.

201. Una helera, además de hacerse un lecho por entre los montañas, demoliendo el suelo de los valles, lleva encima en su descenso enormes cantidades de tierra, piedras y trozos de roca arranca-

dos de las cumbres de uno y otro lado. De esta suerte pueden ser acarreados trozos de roca*, tamaños como una casa, á distancia de muchas millas hasta tanto que el hielo se derrita. En la lámina siguiente (fig. 15) va dibujada una masa descomunal de esta especie. El hielo acarrea anualmente miles de toneladas de piedras sueltas y de fango,

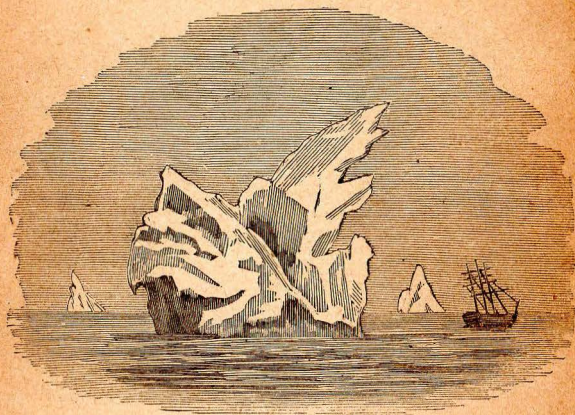


FIG. 16. — Isla de hielo flotante.

desde los lejanos picos cubiertos de nieves eternas á los valles á que finalmente llegan las heleras.

202. Las heleras más grandes del mundo son las de las regiones polares. La parte septentrional de Groenlandia, á la verdad, yace sepultada bajo una vasta helera, de la cual se desprenden témpanos colosales que, deslizándose por los valles abajo, van

* Lós geólogos los llaman *blocs erráticos*.—[Nota del Traductor.]

á dar al mar. Así que una helera entra en el mar, se rompe y los pedazos van flotando al acaso, designándoseles entonces con el nombre de *icebergs* ó *islas de hielo flotantes*. Son tan enormes las heleras en aquellas regiones frías, que los icebergs de ellas procedentes alcanzan á menudo una altura de muchos cientos de pies sobre el nivel de las olas que baten sus costados; debiéndose al mismo tiempo advertir que es como siete veces mayor la parte sumergida que la libre, según puede comprobarse colocando en un vaso de agua un pedazo de hielo y reparando qué tanto de él queda fuera del líquido.

203. Veremos después como hubo en un tiempo heleras en la Gran Bretaña y otros países donde hoy no existe tal cosa. Podrá ver cualquiera por sí mismo rocas demolidas y estriadas por las heleras, y blocs erráticos y montones de piedras sueltas que aquéllas acarrearán encima de su masa; cuyas huellas del hielo y otras muchas se encuentran aún en el País de Gales, en Cumberland, en varias partes de Escocia y también en Irlanda. Adviértase finalmente, que, estudiando la historia de las heleras, no sólo se aprenden cosas de países extraños y remotos, sino que se atesoran para el porvenir conocimientos útiles y provechosos acerca del propio igualmente.

EL MAR.

I. Agrupaciones de Mar y Tierra.

204. Porque vivimos en la tierra y nos son familiares las diversas formas de su superficie — llanos,

valles, collados, montañas, etc., — propendamos á imaginar que la tierra es la parte principal del globo. Muchas personas, que habitan tierra adentro, no han navegado nunca ni visto porción alguna mayor de agua que un río ó un lago ó tal vez el depósito de agua potable de una población. Y, sin embargo, sea cual fuere el país en que se viva, viajando bastante tiempo en cualquiera dirección, se llegará al límite de la tierra, donde se tendrá delante una vasta extensión de agua, por la cual, en un buque, se podría cabalmente navegar alrededor de ciertos países, — Cuba, por ejemplo, la Gran Bretaña, etc., — comprobando de esta manera que dichos países son *islas*.

205. Supongamos que, saliendo del puerto de la Habana, en vez de dar la vuelta á la Isla de Cuba, se dirigiese el rumbo hacia el noroeste, se tendrían que correr unas cien millas antes de volver á tocar en tierra; y llevando el rumbo más al norte ó al nordeste, podría navegarse muchos meses sin ver siquiera una costa, hasta avistar las montañas de nieve que circundan las tierras vecinas al Polo Norte. De esta manera se aprendería qué enorme extensión de la superficie terrestre ocupan las aguas.

206. Hase demostrado, en efecto, que la superficie del agua es como tres veces mayor que la de la tierra. Ésto nadie podría saberlo por únicamente lo que es posible ver desde el país propio, ni desde otro alguno; y sólo ha sido por medio de los viajes que se han hecho alrededor del mundo, navegando en diversas direcciones, que se ha podi-

do venir en conocimiento de la extensión relativa de la tierra y el agua.

207. Si se toma un globo, de éstos que usan en los colegios, y se le hace dar vueltas sobre su eje, se reparará desde luego cuánto mayor es la superficie del agua que la de la tierra. Pero hay otras muchas cosas interesantes que notar en la distribución de la tierra y del agua.

208. Se observará, en primer lugar, que toda el agua se halla reunida en una sola masa grande que se llama *mar*, al paso que la tierra presenta un aspecto muy desigual, debido á la acción del mar, habiendo pedazos separados del continente de tal modo que constituyen islas en el mar.

209. En segundo lugar, no podrá menos de llamar la atención, que haya tanta más tierra del lado norte del ecuador que del lado sur. Disponiendo el globo de modo que se mire en línea recta al punto en que está situada la ciudad de Londres, se verá que se descubre la mayor parte de la tierra del globo; al paso que, mirando de la misma manera á la Nueva Zelanda, se tendrá á la vista la mayor parte del mar. De donde se desprende, que Londres se encuentra como en el centro del hemisferio sólido del globo, en el medio de los países de la Tierra: posición central que á no dudarlo ha sido parte á fomentar el desarrollo del comercio británico.

210. En tercer lugar, se echará de ver cómo, á efecto de la posición de las masas de la tierra, ciertas partes del mar están en algún grado separadas las unas de las otras. Designanse con el nombre

de *continentes* aquellas masas de tierra, y con el de *océanos* las vastas extensiones de agua que existen en ellos. Figurémonos que la superficie de la parte sólida del globo es desigual, ora levantándose en anchurosos abultamientos y serranías, ora extendiéndose en dilatados valles y hoyas: en estos valles, pues, se ha recogido el mar, y solamente las partes altas que descuellan sobre el nivel del mar forman la tierra.

211. En lo que va de este librito, se ha hecho repetidas veces mencion del mar. Se ha dicho que la humedad del aire proviene en gran parte del mar, depósito á que están corriendo incesantemente los ríos, y á que va también arrastrado todo el terreno procedente del desgaste de la superficie de la tierra. Tenemos ahora que examinar algo más de cerca algunos de los caracteres más importantes del mar.

II. *Por qué el Mar es salado.*

212. Examinando el agua del mar, se repara que difiere del agua que estamos acostumbrados á ver en tierra; y consiste la diferencia en que la primera es salada. Contiene algo que no se percibe en el agua común de manantial ó de río. Si se coloca sobre un pedazo de vidrio una gota de agua clara de manantial, y se la deja evaporar, se verá que desaparece sin dejar siquiera huella. El agua de los manantiales, según ya se ha visto (Art. 117), contiene siempre algunas materias en disolución, que, no pudiendo marcharse en forma de vapor, quedan separadas del agua cuando ésta se evapora.

Pero es tan sumamente pequeña la cantidad de ellas contenida en una sola gota, que evaporada el agua, no forman mancha ó película perceptible. Mas hágase evaporar una gota de agua de mar, y se verá que queda un puntito blanco que, examinado con microscopio, aparece compuesto de tenues cristales de sal común ó marina. Y es indiferente que la gota con que se experimente sea de éste ó el otro océano : dejará siempre tras sí los mencionados cristales de sal.

213. Otras cosas también contiene el agua del mar, aparte de la sal ; pero ésta es la más abundante, y no hay para qué ocuparnos por ahora de las demás. ¿De dónde proviene, pues, tanta materia mineral como existe en el mar? *Toda la sal del mar procede del desgaste de las rocas.*

214. Dejamos indicado antes (Artículos 125 y 132) como el agua, tanto en la superficie cuanto en las entrañas de la tierra, está siempre disolviendo varias materias minerales de las rocas : la sal es una de estas materias. Luego el agua de los manantiales y de los ríos contiene sal, que los últimos acarrean á la mar ; de modo que debe ser inmensa la cantidad de sal que de todas las partes del mundo va arrastrada al océano cada año.

215. El mar pierde por evaporación otra tanta agua cuanto le suministran la lluvia y los ríos ; pero la sal que le es acarreada la conserva. Si se hace evaporar una mezcla de agua y sal, desaparece el agua pura, y queda la sal. Lo propio sucede con el mar. Los arroyos van llevándole todos los días nuevas cantidades de sal ; y también cada día

se marchan del océano á la atmósfera millones de toneladas de agua convertida en vapor. Luego las aguas del mar deben ir siendo gradualmente más y más saladas, aunque la operación es en sumo grado lenta.

216. No obstante haber ido en aumento, según toda probabilidad, el grado de salazón del agua del mar, desde que empezaron á desaguar los ríos en el vasto océano, dista mucho de ser esta agua tan salada como pudiera serlo. La cantidad total de las diferentes sales que contiene el Océano Atlántico, por ejemplo, se halla en la proporción solamente de como tres partes y media por cada cien partes de agua; pero en el Mar Muerto, que es extremadamente salado, sube la proporción hasta veinte y cuatro partes de sal por cada ciento de agua.

III. *Movimientos del Mar.*

217. Si desde la costa se tiende la vista sobre el mar, se nota lo agitado de sus aguas. Aun en el día más sereno del verano, se observan unas pequeñas ondas ó un ligero movimiento de undulación en la superficie del líquido; otras veces vienen ensortijándose olecillas á romperse en largas líneas sobre la playa; pero de cuando en cuando, durante una tempestad, se ven elevarse en el mar embravecido olas inmensas que, encrespadas, estrellan su furor contra la costa, deshaciéndose en blanquísima espuma.

218. Por otra parte, mirando con más detenimiento, se observará que, bien esté sereno el mar, bien esté agitado, no siempre marca un mismo

límite en la costa. Á tal hora del día, llega su orilla á lo más alto de la playa, y unas seis horas después ha retrocedido á lo más bajo; subiendo y bajando alternativamente de día en día y de año en año con tanta regularidad, que es posible predecir con mucha anticipación sus movimientos. Este *flujo* y este *reflujo* del mar constituyen lo que se llaman las *mareas*.

219. Si se tapa una botella vacía y se la arroja al mar, flotará desde luego; pero no quedará mucho tiempo en el mismo sitio, pues que empezará á alejarse, pudiendo suceder que recorra grandes distancias antes de ser echada otra vez á alguna costa. Sabido es que botellas arrojadas así en alta mar, han sido acarreadas muchos cientos de millas por las *corrientes superficiales*, las cuales en general llevan la misma dirección que los vientos más constantes.

220. Empero no es tan solamente en el agua de la superficie en la que se establecen corrientes. Algo se ha aprendido acerca de los *icebergs*, ó islas de hielo flotantes (Art. 202), y existe relativo á ellos un hecho que es preciso tener presente, á saber, que como las siete octavas partes de su masa están sumergidas en el agua. Pues bien, no es cosa rara ver dirigirse una de estas islas aún contra un viento fuerte; en cuyo caso claro es que no se mueve al impulso del viento, sino de una fuerte corriente submarina. Se ha averiguado, en efecto, que en el mar existen muchas *corrientes*, algunas de las cuales van de las regiones frías á las cálidas, y las demás en sentido inverso.

221. He ahí, pues, cuatro hechos relativos al mar : 1º, es inconstante su superficie, agitada por ondas y olas; 2º, está continuamente creciendo ó menguando; 3º, sus aguas superficiales corren al impulso del viento; 4º, tiene corrientes igualmente que la atmósfera.

222. Bastará por ahora que se aprenda algo acerca del primero de estos hechos—*las olas del mar*.

223. En esta ocasión, como en otras anteriores, se puede con ventaja echar mano de un objeto familiar para enseñar lo que se verifica en tan vasta escala en la naturaleza. Habiendo llenado de agua una palangana, soplese el líquido á inmediación de una de las orillas : en el acto se elevarán en la superficie ondas que, partiendo desde el punto en que el soplo hirió al agua, irán á romperse á manera de olecillas contra el lado opuesto de la palangana.

224. Al soplar el agua en la palangana, se reproduce, si bien en grado inferior, la acción por la cual se forman las olas del mar. Todas estas perturbaciones de la serenidad del océano son debidas al aire. El viento obra sobre el agua del mar del mismo modo que el aliento sobre la de la palangana. Hiriendo al agua, hace que la agiten ondas ó undulaciones, las cuales, continuando el soplo á lo largo de la superficie, crecen en fuerza y volumen, hasta que, azotadas por un viento cada vez más fresco, forman olas grandes.

225. Las olas que se dirigen hacia la tierra, vienen á romperse una tras otra sobre la costa, ni más ni menos como se rompen las ondas contra el cos-

tado de la palangana : es más, siguen viniendo después de haber caído el viento, así como persisten las undulaciones en la palangana después de haberse dejado de soplar. La superficie del mar, como la del agua en general, es sumamente sensible, y una vez puesta en agitación, no vuelve á serenarse en el momento mismo en que cesa la causa de la perturbación, sino que continúa moviéndose, aunque cada vez con menos fuerza, hasta quedar en completo reposo.

226. Así, pues, el movimiento agitado de la superficie del mar viene á ser como el reflejo del movimiento agitado del aire, cuyo movimiento continuo de un lado para otro, en corrientes ya débiles ya impetuosas, es el que hace levantarse las olas en el mar. Mientras el aire está en reposo, duerme sosegado el mar : pero cuando el cielo se oscurece y se desencadena la tempestad, el mar conmovido se eleva en olas que van á romperse con fuerza terrible sobre la tierra.

227. Todos habrán oído referir, y muchos habrán visto, sin duda, algo de los estragos causados por las olas del mar. Cada año son derribados muelles y diques, arrancados y arrastrados pedazos de costa, y sembradas las playas con destrozos de buques naufragados. Luego, además del desgaste de la superficie de la tierra por la lluvia, las heladas y los arroyos, hay otra forma de destrucción que está verificándose en las orillas del mar.

228. En ciertas costas roqueñas, suelen presentarse palpables los diferentes grados de ruina de la tierra á efecto de la acción del mar, Aquí tal vez

un trecho acantilado que da muestras de haber sido terriblemente maltratado en su base por las incansables olas demoledoras; allá una caverna horadada en el macizo muro, ó un túnel abierto en algún promontorio; más allá por ventura una columna de roca, contrafuerte unido en un tiempo á la masa

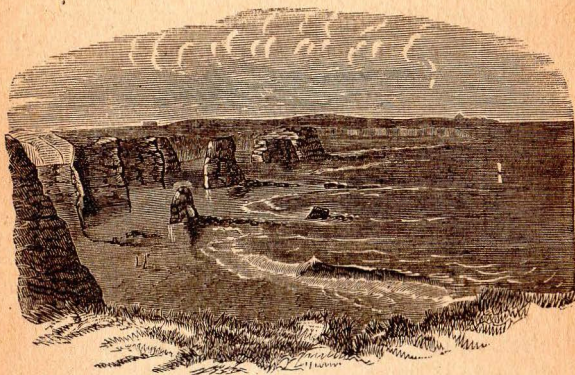


FIG. 17. — Costa desgastada por el mar.

principal del peñasco, pero hoy aislado por el desmoronamiento de la bóveda de comunicación; más lejos, y algo separada del peñasco, una línea de rocas, visibles á media mar, indica el lugar ocupado por otros contrafuertes anteriores; en tanto que allá mar adentro el estrépito de las olas entre los rompientes revela algún arrecife sumergido, en que aun se contemplan los restos de otra costa más antigua todavía. En semejante costa no parece sino que se descubre á la vista todo el procedimiento de invasión de la tierra empleado por el mar.

229. En algunas partes de la costa oriental de Inglaterra, donde la roca es fácil de arruinar, el mar va ganando tierra á razón de dos ó tres pies en cada año. Villas y aldeas que existieron pocos siglos ha, fueron desapareciendo una tras otra, y hoy se encuentran sepultados lejos de la costa, debajo de los agitadas olas del Mar del Norte, los sitios que ocuparan. En las costas occidentales de Irlanda y de Escocia, sin emhargo, donde las rocas son en general duras y resistentes, el desgaste ha sido relativamente poco considerable.

230. Sería hacer buen uso del tiempo, la primera vez que se esté en la costa, tratar de averiguar los medios empleados por el mar en arruinar la tierra. Para conseguirlo, no hay mas que mirar lo que acontece en una ribera roqueña, situándose al efecto en una parte guijarrosa adonde vengan á romperse las olas, y siguiendo con la vista el agua mientras se retire después de deshacerse una ola. Se vera cómo corren precipitadamente por la playa abajo los granos de arena y las guijas, arrastrados por el agua; oyendo al mismo tiempo, si las últimas no fueren demasiado menudas, el ruido bronco y desapacible que hacen al chocar las unas en las otras, — ruido tan fuerte á veces, que se oye á distancia de varias millas. Mas en seguida viene arrollándose otra ola que, no bien empiezan á retardar su carrera las guijas y la arena las empuja nuevamente hacia arriba, pero sólo para volverlas á arrastrar hacia abajo al retroceder, á fin de dar lugar á que otra ola renueve la ejecución de lo mismo.

231. Mediante este continuo movimiento de vaivén del agua, las piedras, a puro demolerse rozándose las unas con las otras como en un molino se desgastan y van siendo cada vez más pequeñas hasta convertirse en arena, la cual, sucesivamente haciéndose más menuda todavía, es acarreada lejos de la costa y se deposita sobre el fondo del mar.

232. Pero no son únicamente los materiales sueltos de la playa los que sufren este incesante desgaste, pues que también las rocas de debajo, donde quiera que asomen, son demolidas por el mismo procedimiento. Las olas al estrellarse contra una costa tajada á plomo, lanzan al propio tiempo las piedras sueltas y con ellas embisten á las rocas. De vez en cuando acaece que dichas piedras se juntan en una parte del peñasco más blanda que las demás, y allí se arremolinan en la fuerza de la marea, moliendo la roca en términos de formar en ella cuevas parecidas á las concavidades antes descritas (Art. 174), que los ríos horadan en su lecho. En esta operación, naturalmente, las piedras se hacen arena, pero las reemplazan otras traídas por el mar. Entrando en una de estas cuevas marinas, se verá lo liso y pulimentado de sus costados y su bóveda y lo perfectamente redondeado de las piedras que yacen por su suelo.

IV. *El fondo del Mar.*

233. El fondo del mar, en cuanto de él tenemos conocimiento, es bastante parecido á la superficie de la tierra, con sus alturas y sus bajos, sus valles y sus cadenas de montañas. Donde el agua es pro-

funda, no alcanzamos con la vista á descubrir el fondo; pero por medio de una cuerda larga con un peso asegurado en uno de sus extremos, se puede averiguar cuánta sea la profundidad del agua y cuál la naturaleza del fondo, — si de roca ó de cascajo, de limo ó de conchas. Medir así la profundidad del agua, es lo que se llama *sondar*; y al peso que va atado á la cuerda, ó *sondalesa*, se da el nombre de *escandallo*.

234. Se han explorado con la sonda muchas partes del océano, de modo que algo se sabe acerca de su fondo; pero aun queda mucho por saber. El Atlántico es el océano más conocido. Al sondarlo antes de colocar el cable telegráfico submarino que une á las Islas Británicas con la América del Norte, se ha hallado una profundidad de 14500 pies, ó como dos millas y tres cuartos; pero entre las Islas Bermudas y las Azores, se ha reconocido una profundidad de siete millas y media. Si fuese posible arrancar las montañas Himalayas, las más altas del mundo, pues tienen una elevación de 29000 pies sobre el nivel del mar, y colocarlas en lo más hondo del Atlántico, no sólo se perderían de vista, sino que sus cimas se hallarían como á dos millas debajo de la superficie.

335. Una gran parte del anchuroso mar debe tener una profundidad de dos millas. Pero no es tan hondo en todas partes, pues en algunas se eleva el fondo á la superficie, formando islas; pudiendo sentarse como regla general, que es más considerable la profundidad cuanto á mayor distancia se aleje de la costa. De aquí

que en los pasos y estrechos entre islas y promontorios sea el agua relativamente poco profunda. Al oeste de las Islas Británicas se extiende el gran Océano Atlántico, y al este el Mar del Norte, mucho más pequeño; aumentando rápidamente la profundidad del primero á medida que se navega hacia el occidente, mientras que la del segundo no alcanza siquiera á 400 pies, aun en las partes más distantes de tierra. Se tendrá alguna idea del poco fondo del mar entre Inglaterra y Francia, recordando que si se colocara la Catedral de San Pablo, * de Londres, en medio del Paso de Calais, más de la mitad de aquel edificio quedaría fuera del agua.

236. La operación de sondar es cosa fácil de comprender, aun teniendo en cuenta cuán poco manejable debe de ser una sondalesa de algunas millas de largo. Mas el hombre no sólo puede averiguar la profundidad del agua, sino que, además, con ayuda de un aparato llamado *draga*, sube grandes cantidades de las materias, sean las que fueren, que cubren el suelo de lo más hondo del océano. De esta suerte se ha podido reunir, de algunos años á esta parte, gran copia de conocimientos acerca de la naturaleza del suelo del mar y de los animales y plantas que allí viven; sabiéndose en la actualidad que aun en algunas de las partes más profundas hasta hoy exploradas, existen numerosas formas de vida animal, — conchas, corales, estrellas de mar, y otras de carácter más humilde todavía.

237. En las lecciones anteriores se han bosquejado algunas de las modificaciones que de día en día

Tiene 400 pies de alto.

se verifican en la superficie de la tierra. Hagamos ahora por descubrir algunas de las que se efectúan en el suelo del océano. Aunque sea, á la verdad, imposible escudriñar el fondo del mar con tanta minuciosidad como la superficie de la tierra, ni mucho menos, se puede, sin embargo, aprender no poco acerca de él.

238. Mirando en conjunto los hechos enumerados en aquellas lecciones, puede uno averiguar por sí mismo las modificaciones más importantes que se están efectuando en el suelo del mar. Procúrese, por ejemplo, darse cuenta á sí mismo de lo que se hacen todos los despojos de roca que van arrastrados cada año de la superficie de la tierra. Se ha visto que los arroyos los acarrean á la mar; pero después ¿á dónde van á parar? Desde el momento en que fueron desprendidos de los costados de las montañas, colinas y valles, estos materiales descompuestos han estado tratando, como el agua, de deslizarse cada vez más abajo. En cuánto llegan á las honduras del fondo del mar, ya no pueden bajar más y tienen que acumularse allí.

239. Es, pues, evidente que entre el suelo del mar y la superficie de la tierra debe de haber la gran diferencia de que, al paso que ésta se está destruyendo continuamente, desde la cima de las montañas á la costa del mar, aquél, por el contrario, está constantemente recibiendo nueva copia de materiales: aquél toma aumento conforme ésta decrece. De modo que, aun prescindiendo de cuantos conocimientos los hombres han adquirido por medio de exploraciones con la sonda á grandes pro-

fundidades, se podría afirmar de la manera más positiva, que se depositan anualmente en el suelo del mar cantidades inmensas de cascajo, arena y limo, porque se sabe que dichas materias, producto del desgaste de la tierra son arrastradas de ésta última.

240. Por otra parte se ha aprendido que la incesante agitación del mar es debida á los movimientos del aire, y que la destrucción de la tierra por el mar es obra principalmente de las olas impulsadas por el viento. Pero la acción de las olas tiene forzosamente que ser superficial, pues que no puede hacerse sentir en el suelo del mar profundo. Luego ese suelo está fuera del alcance de las diversas especies de destrucción que tan hondamente alteran la superficie de la tierra; y las materias que sobre él yacen, procedentes del desgaste de la tierra, pueden permanecer allí sin otra perturbación que la causada acaso por tal cual mansa corriente submarina que llegue á tocar al fondo.

241. ¿Qué disposición sufren, pues, el cascajo, la arena y el limo cuando llegan á la mar?

242. Á medida que todos estos materiales llegan de la tierra, se van acumulando sobre aquellas partes del fondo del mar que se hallan inmediatas á la costa, más bien que á distancia de ésta. Puede esperarse encontrar bancos de arena y cascajo en los mares poco profundos y cerca de la tierra, pero no en medio del océano.

243. Puede formarse una idea del modo cómo se disponen sobre el fondo del mar aquellos materiales, examinando el lecho de un río en tiempo de seca,

si bien en el río se verifica el mencionado fenómeno en grado inferior. Aquí, donde la corriente era fuerte, puede ser que haya un banco de cascajo; allá, en el punto donde se encontraban las corrientes, se verá tal vez un lomillo de arena formado por las mismas: mientras que en las partes donde las aguas se deslizaban más tranquilamente es posible que el fondo esté cubierto de una capa de menudo limo ó fango. Se tendrá presente como un río puede tener que depositar el fango que acarrea, si sale de madre en grado suficiente para extenderse sobre llanos que retarden su corriente (Art. 178).

244. Cuanto más fuerte es una corriente, tanto mayores piedras puede arrastrar; por cuya razón el cascajo grueso, no es probable se encuentre en otras partes del fondo del mar sino en las inmediatas á la tierra, desde las cuales las olas pueden llevarlo á los parajes por donde pasan fuertes corrientes marinas. La arena se deja llevar más lejos, depositándose en grandes masas ó bancos; y el limo ó fango, mucho más menudo todavía, es posible sea acarreado cientos de millas antes de caer al fondo.

245. De este modo, según la mayor o menor proximidad de la costa y la mayor ó menor fuerza de las corrientes del océano, el cascajo, la arena y el limo se extienden en dilatados espacios ó bancos sobre el fondo del mar.

246. Pero el mar está lleno de seres vivientes, así plantas como animales; y estos organismos mueren, mezclándose necesariamanta sus despojos con los diversos materiales depositados sobre el suelo del océano. De suerte que no tan sólo la

arena y el limo, sino también infinitas conchas y corales y las partes más duras de otros seres vivientes, deben de ir sepultándose allí conforme se van sucediendo las generaciones.

247. Acontece á menudo que, en algunas partes del fondo del mar, son tan abundantes aquellos restos de animales, que constituyen por sí solos lechos muy altos y de mucha extensión. Las ostras, por ejemplo, crecen en grupos muy compactos; y sus conchas, mezcladas con las de otros seres tales, forman lo que se llaman *bancos de conchas*. En los océanos Índico y Pacífico existe un animalillo que se hace, con cierta sustancia que secreta ó extrae del agua de mar, un esqueleto calizo; y como crecen juntos millones de estos pólipos, forman vastos arrecifes de roca maciza, los cuales llegan á tener á veces, como los grandes escollos de la Barrera, en Australia, cientos de pies de espesor y mil millas de longitud. Al cre-

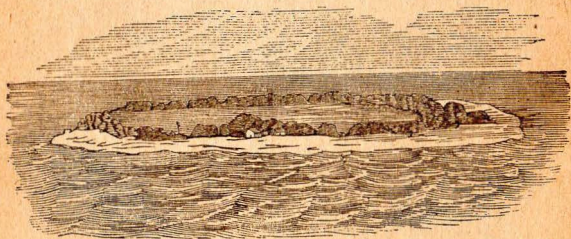


FIG. 18. — Atol formado por el crecimiento del coral.

cimiento de estos animalillos es al que se debe la formacion de las maravillosas islas de roca cora-

lina ó *atoles* (fig. 18), que, en forma de círculo, descuellan en medio del océano. Por otro lado, gran parte del fondo del océano Atlántico está cubierto de un limo sumamente menudo, el cual, examinándolo, se ve que lo componen casi exclusivamente los despojos de unos animalillos microscópicos llamados *foraminíferos*.

248. Están acumulándose, pues, de continuo sobre el fondo del mar grandes bancos de arena y limo mezclados con los despojos de plantas y animales. Ahora bien, si ese fondo fuese posible levantarlo sobre el nivel del océano, por más que se pusiera seco y duro cuanto las rocas de las montañas, se conocería con toda seguridad que había estado en un tiempo debajo del mar, pues que en su masa se encontrarían las conchas y otros despojos de animales marinos.

249. Se verá después, al llegar al estudio de la ciencia llamada Geología, que en otro tiempo se verificó muchas veces este levantamiento del fondo del mar, y que la mayor parte de las rocas de nuestros montes y valles fueron primitivamente depositadas en el mar, en cuyo fondo se formaron de arena y fango procedentes de la tierra ni más ni menos como las mismas sustancias son arrastradas y se acumulan allí todavía. Y en aquellas rocas, ya se hallen cerca de la costa, ya muy tierra adentro en las canteras y los barrancos, en las laderas y hasta en la cima de las montañas, se podrán distinguir los esqueletos y destrozos de los diversos seres marinos que antes vivieron en las aguas del océano.

250. Siendo, pues, el fondo del mar el gran depó-

sito á que van constantemente acarreados los despojos desmoronados de la tierra, si este estado de cosas hubiese de continuar sin modificación y sin estorbo, á la larga quedaría destruído por completo el terreno y esparcidos sus restos sobre el suelo del océano, cubriendo la superficie entera del globo un solo mar inmenso sin riberas.

251. Pero existe en la naturaleza otra fuerza que obra para retardar la destrucción de la tierra. ¿Cuál es esta fuerza y cómo se ejerce? Veremos en las lecciones siguientes.

EL INTERIOR DE LA TIERRA

252. En las páginas que preceden nos hemos limitado á la observación de la superficie del globo y de lo que en ella está sucediendo. Pasemos ahora á considerar qué se puede aprender acerca del interior de la tierra.

253. Tal vez parecerá desde luego vano que el hombre espere saber nada jamás acerca del interior de la tierra. Cuando se piensa qué bola inmensa es este globo nuestro, se ve que en resumidas cuentas los que vivimos y nos movemos sobre su superficie, somos como unas moscas paseando por una montaña grande. Todo lo que se puede descubrir desde la cima del pico más alto al fondo de la mina más profunda, no es más relativamente que la capa de barniz que cubre un globo terrestre. Y, sin embargo, se puede aprender mucho acerca de lo que sucede dentro de la tierra. Aquí y allá, en varios países, hay sitios donde existe comunicación entre el interior y la superficie; y de tales sitios obtenemos muchos

de los conocimientos que acerca del asunto poseemos.

254. Todos, sin duda, habrán leído algo tocante á los *volcanes* ó montañas de fuego (fig. 19); los

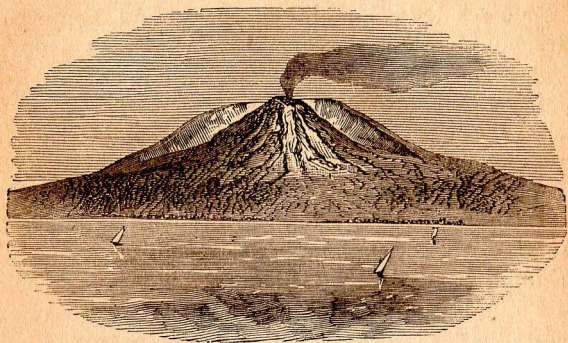


FIG. 19. — Vista de un Volcán. El Vesuvio tal como aparece en la actualidad, contemplado desde el Sur.

cuales presentan algunas de las vías de comunicación más importantes con el interior.

255. Supongamos que se va á ver uno de estos volcanes poco antes de tener lugar lo que se llama una *erupción*. Al acercarse á él se distingue una montaña cónica al parecer truncada, de cuya cima se eleva una nube blanca. Pero esta nube no es del todo parecida á las que rodean las cumbres de los montes ordinarios, pues mirándola con atención, se notará que sale de la parte superior de la montaña, aunque no haya más nubes visibles en ninguna parte del cielo. Conforme se va subiendo, dejando

atrás la vegetación de los valles, se echa de ver que cubren la superficie de las laderas en unas partes piedras sueltas y cenizas, en otras fragmentos de roca ásperos y negros semejantes á las láminas de escoria tan abundantes en las fundiciones de hierro. Más cerca de la cima, la superficie está caliente y á trechos da salida á bocanadas de vapor mezclado de gases sofocantes. Finalmente se llega a la cúspide y allí se descubre que lo que de lejos parecía una cima llana, es en realidad una vasta concavidad con paredes escarpadas que penetran hasta las entrañas del monte. Tapándose la cara lo mejor que puede, á fin de protegerse del contacto de los gases que casi le ahogan, el explorador, trepando al borde de aquella concavidad, contempla las ásperas rocas acantiladas, rojas y amarillas que constituyen los costados de la misma, y allá muy abajo, en el fondo, un lago de algún líquido reluciente al calor blanco, si bien cubierto de una costra negra parecida á las láminas de escoria antes referidas. Este lago de fuego vomita de cuando en cuando chorros del líquido ardiendo, y piedras y polvo arrojados al aire vuelven á caer en el abismo, del cual en tanto se elevan bocanadas de vapor dando origen á la nube antes mencionada y la cual, suspendida sobre la montaña, se divisa á una gran distancia.

256. Á ese hueco, en forma de embudo, que existe en la cima del monte, se da el nombre de *cráter*; llamándose *lava* el líquido intensamente calentado que forma el agitado lago hirviente en el fondo de aquél, y que no es otra cosa que roca en estado de fusión. En cuanto á los materiales menu-

dos — cenizas, polvo y piedras — vomitados por aquella boca, son desprendidos de los lados y el fondo endurecidos de ésta por la violencia de la conmoción que acompaña al escape de los gases y del vapor.

257. Este vapor, como también el aire caliente y aquella masa fundida que ocupa el fondo del cráter, prueban que debe de existir por debajo alguna fuente de calor intenso; y como hace cientos y hasta miles de años que este calor está saliendo del monte, preciso es que sea allí muy abundante.

258. Pero cuando el volcán se halla en actividad es cuando más claramente se manifiesta la potencia de este calor subterráneo. Días antes, se sienten temblores en las regiones que rodean el monte; y finalmente, en medio de una serie de violentas explosiones, se desgarran las entrañas del volcán, volándose tal vez su parte superior. Suben por los aires nubes inmensas de vapor mezclado con menudo polvo ó cenizas y piedras candentes, volviendo éstas á caer dentro del abismo, en tanto que aquéllas en virtud de su poco peso revolotean por la atmósfera, á veces en tanta abundancia que oscurecen el cielo por muchas millas en circuito, y caen cubriendo de una capa espesa las comarcas circunvecinas; mientras que las lavas, precipitándose en arroyos incandescentes por las faldas del volcán y llegando hasta las huertas y viviendas situadas al pie de la montaña, todo lo destruyen ó lo inundan todo. Continúa por espacio de algunos días ó tal vez semanas este estado de cosas, y entonces, agotadas las fuerzas del volcán, se sigue un período de

reposo relativo, interrumpido sólo por el desprendimiento de vapor, humos calientes y gases.

259. Hace unos 1000 años había en las cercanías de Nápoles una montaña, cuya forma tenía alguna semejanza con la de un volcán, y cuyo cráter estaba cubierto de maleza (fig. 20). Nadie había visto jamás salir de aquel monte ni vapor, ni cen-

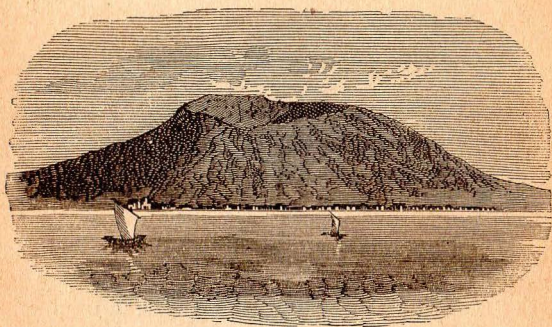


FIG. 20.— El Vesuvio tel como aparecía antes de ser destruida Pompeya.

zas, ni lavas, y los comarcanos no imaginaban que fuese volcán, como otras montañas que existían en aquella parte de Europa; antes bien, habían construído á su base aldeas y ciudades, y muchos romanos opulentos, atraídos por las bellezas del país y lo suave de su clima, edificaban allí sus casas de campo. Mas un día, casi sin indicación alguna anterior, se voló por los aires toda la parte superior del monte, acompañado este fenómeno de espantosas explosiones; y fueron tales las lluvias de ceni-

zas, en un radio de muchas millas, que oscurecieron al cielo tanto como suele estarlo á media noche. Día y noche estuvieron cayendo cenizas y piedras sobre el país circunvecino; y perecieron muchos de los habitantes, quienes á pedradas, quienes ahogados por el polvo. Ciudades y aldeas, viñas y jardines, todo fué sepultado. De las ciudades, las dos más célebres, Herculano y Pompeya, desaparecieron tan completamente que, á pesar de la importancia que entonces tenían, se perdió hasta memoria del sitio ocupado por sus ruinas, las que sólo por casualidad fueron descubiertas después del trascurso de mil quinientos años. Desde entonces se han hecho excavaciones, desembarazando á la antigua ciudad de las acumulaciones volcánicas endurecidas, en términos de ser actualmente posible otra vez pasear por las calles de Pompeya y contemplar sus casas, sus tiendas, sus teatros y sus templos, desprovistos todos de techo, y las hondas huellas hechas por las ruedas de los vehículos pompeyanos de dieziocho siglo ha. Más allá de los muros de la ciudad, hoy tan callada, se levanta el Vesuvio, con su cráter humeante que cubre la mitad de la antigua montaña volada al tiempo de la desaparición de Pompeya (Véase la fig. 49).

260. Los volcanes, pues, marcan el sitio de algunos de los agujeros ú orificios por los cuales salen arrojadas desde las entrañas de la tierra á su superficie materias calentadas ó derretidas. Los hay en todas partes del globo. En Europa, además del Vesuvio, que se ha mantenido más ó menos activo desde su formación, se cuentan el Etna, el Strom-

boli y algún otro de menores dimensiones, en la cuenca del Mediterráneo; y allá en lo más apartado del noroeste descuellan unos cuantos volcanes activos en medio de las nieves y heleras de Islanda. En América, las cordilleras que se extienden á lo largo del litoral del Pacífico, están erizadas de una serie de volcanes gigantescos. El Asia también los tiene, en grupos muy compactos en Java y en algunas de las islas vecinas, continuando la línea volcánica desde allí, á través del Japón y las islas Aleutianas, hasta la extremidad noroeste del continente americano. Observando esta disposición en el mapa, se verá como el océano Pacífico está completamente ceñido de volcanes.

261. Atendiendo á lo numerosos que son en la superficie estos orificios que comunican con lo interior de la tierra, se debe concluir que en el último reina un calor excesivo. Pero tenemos otras pruebas de la existencia de este calor interior. En muchos países, suben á la superficie *aguas termales*. Aun en Inglaterra, que no se encuentra en las cercanías de ningun volcán en actividad, el agua de los pozos de Bath presenta una temperatura bastante elevada (49° centígrados). Se sabe también que en todos los países el calor aumenta sucesivamente á medida que se baja desde la superficie hacia el centro de la tierra. Es tanto más elevada la temperatura de las rocas y del aire en el fondo de las minas, cuanto más profundas son éstas últimas, y si el calor continúa aumentando en la misma proporción, deben de estar incandescentes las rocas á una distancia no muy grande, en lo interior de la tierra.

262. No es, sin embargo, por medio de tan solos los volcanes y las aguas termales que el calor interior de la tierra se revela en la superficie : el suelo mismo tiembla, se hiende, se eleva y se hunde. Todos probablemente habrán leído ú oído hablar de los *terremotos*, esas agitaciones del suelo, las cuales, cuando más violentas se manifiestan, abren grietas en el suelo y derriban árboles y casas, sepultando en medio de las ruinas á cientos ó miles de seres humanos. Los terremotos son más comunes en las cercanías de los volcanes ó en las regiones en que éstos existen; y suelen ocurrir poco antes de las erupciones volcánicas.

263. Algunas partes de la tierra se están levantando lentamente fuera del mar; ciertas rocas que antes se veían siempre cubiertas por las mareas, han llegado á encontrarse fuera del alcance de las aguas; al paso que otras que estaban completamente sumergidas, empiezan á asomar una tras otra sus picos á la superficie. Por otra parte algunas regiones se están hundiendo : muelles, muros marítimos y otras antiguas señales, digámoslo así, que en las costas existían, se ven invadidos sucesivamente por el mar conforme éste va ganando tierra, Estos movimientos, ora se verifiquen de arriba hacia abajo, ora de abajo hacia arriba, son asimismo debidos en alguna manera á la acción del calor interior.

264. Ahora bien, reflexionando en estos diversos cambios, se verá que la conservación de la superficie sólida del globo es debida á la acción del mismo calor interior que los produce. Si, mientras la

lluvia y las heladas, los ríos, las heleras y el mar desgastan continuamente la superficie terrestre, no obrara otra fuerza de compensación, los terrenos acabarían necesariamente por desaparecer, y aun habrían desaparecido mucho tiempo [ha. Pero de resultados del levantamiento producido por los movimientos de las materias subterráneas incandescentes, se ven realizadas ciertas partes de la superficie de la tierra, al paso que el fondo del mar en algunos parajes se eleva materialmente sobre el nivel de las aguas.

265. Esta clase de elevación ha ocurrido muchas veces en todos los puntos del globo. Como ya se ha observado (Art. 249), la mayor parte de nuestras montañas y valles están formados de rocas, que en un principio estuvieron depositadas en el fondo del mar, y que después se han ido elevando hasta llegar á ser tierra firme.

CONCLUSIÓN

266. Concluyamos resumiendo los puntos más importantes de las lecciones que preceden.

267. Esta tierra en que vivimos es el teatro de un movimiento y un cambio continuos. La atmósfera que lo rodea se mantiene en movimiento constante, difundiendo calor, luz y vapor. El aire está recibiendo continuamente del mar y de los ríos vapor, que, después de condensado en forma de nubes primero y luego de lluvia ó nieve, vuelve á caer sobre la tierra. En toda la superficie terrestre, el agua que ha caído del cielo corre hacia el mar, acarreando al vasto océano los materiales procedentes del des-

moronamiento de la tierra. De modo que queda establecida una circulación no interrumpida del agua entre el aire, la tierra y el mar. Éste último también está siempre en movimiento : sus olas corren la tierra, y ruedan sus corrientes al rededor del globo. Á sus honduras son llevados los despojos de la tierra, para que, acumulándose allí, se conviertan en rocas que sirvan á su vez para formar sucesivamente nuevas islas y nuevos continentes. Por último, en lo interior de la tierra existe una gran fuente de calor, á impulso del cual la superficie se agita, se hiende, se eleva ó se hunde. Así, mientras el antiguo suelo se va sumergiendo en el mar, otras regiones se elevan, se cubren de vegetación, se pueblan de animales, en suma se convierten en morada propia para el hombre mismo.

268. Este mundo no es un sér viviente, como una planta ó un animal; y, sin embargo, sería lícito llamarlo tal en cierto sentido. La circulación del aire y del agua, el cambio recíproco entre el mar y la tierra, el sistema de movimiento sin fin y continuo por el cual se modifica y se renueva día á día la superficie del globo : bien puede llamarse ésto la Vida de la Tierra.

CUESTIONARIO

LA FORMA DE LA TIERRA, pág. 28.

1. ¿Cuál es la primera idea que nos formamos acerca de la forma de la Tierra?
2. ¿Cómo, estando en medio de una llanura, podría demostrarse que lo que parece ser llano, es en realidad parte de la superficie de un globo?
3. Demuéstrese la mismo con ayuda de lo que se puede observar en la costa del mar.
4. ¿Cómo se ha podido comprobar la forma de la Tierra por los *circunnavegantes*?
5. De la suave de la curva de la superficie terrestre, se deduce el tamaño del globo. ¿Cómo es esto?
6. Un tren de ferrocarril moviéndose á razón de treinta millas por hora ¿cuánto tardaría en dar la vuelta al mundo?

DÍA Y NOCHE, pág. 28.

1. ¿De dónde recibe la tierra el calor que se siente en su superficie y la luz?
2. ¿Cuál fué la creencia antigua acerca de la posición relativa de la tierra, el sol, la luna y las estrellas?
3. ¿Persisten todavía hoy en el lenguaje común algunos vestigios de aquella creencia primitiva?
4. ¿Cuál es la verdadera relación que existe entre el sol y la tierra?

5. La sucesión del día y de la noche parece ser debida al movimiento del sol á través del cielo : demuéstrese cómo es producida realmente por el movimiento de la tierra.

6. ¿Qué significan las frases *eje de rotación, polo norte y polo sur*?

7. ¿En qué dirección verifica la tierra su movimiento de rotación? ¿Cómo es indicado ésto por la sucesión del día y de la noche?

8. ¿Qué es *movimiento de traslación* de la tierra?

9. ¿Cuánto tiempo emplea la tierra en efectuar una revolución completa?

10. Demuéstrese cómo los movimientos de la tierra sirven para indicar las divisiones del tiempo.

EL AIRE

I. COMPOSICIÓN DEL AIRE, pág. 32.

1. ¿Qué se entiende por la palabra *Atmósfera*?

2. ¿De qué materias se compone el aire principalmente?

3. Además de los dos gases principales, díganse otras sustancias que se encuentran siempre en el aire.

4. ¿Cómo se puede demostrar la presencia de partículas visibles?

5. ¿Qué es vapor de agua? (Véase el Art. 73.) Demuéstrese por medio de algún ejemplo familiar cómo puede ser que dicho vapor se disuelva invisiblemente en el aire. (Véase el Art. 71.)

6. ¿Qué proporción de gas ácido carbónico existe en el aire?

7. Demuéstrese cuán importante es esta sustancia en su relación con el crecimiento de las plantas y de los animales.

II. CAMBIOS DE LA TEMPERATURA DEL AIRE, pág. 34.

1. ¿Cómo se nos manifiesta la presencia del aire?

2. ¿Cuál es la razón por la cual se siente frío al pasar de una habitación caliente al aire exterior, en invierno?

3. El sol está siempre trasmitiendo calor á la tierra por

radiación : ¿por qué, pues, debe haber cambios de temperatura en el aire?

4. ¿La atmósfera deja que lleguen á la superficie de la tierra todos los rayos de calor del sol?

5. ¿Cómo es que se siente menos el calor del sol por la mañana y por la noche que á mediodía?

6. ¿Por qué son tanto más frías las noches que los días?

7. ¿Por qué es más caluroso el verano que el invierno?

8. ¿Por qué los días nublados no son siempre ó necesariamente fríos?

9. Supuesto que la atmósfera absorbe solamente parte del calor solar que la atraviesa para llegar á la superficie de la tierra ¿por qué medio se calienta y se enfría principalmente?

10. ¿Qué es lo que impide una pérdida excesiva de calor por radiación durante la noche?

11. Explíquese por qué se suele sentir á menudo tanto frío de noche en los países cálidos.

12. Dígase la razón por la cual las noches nubladas suelen ser más calurosas que las claras.

III. LO QUE ACONTECE CUANDO EL AIRE SE CALIENTA Ó SE ENFRÍA. — EL VIENTO, pág. 40.

1. El aire frío ó el aire caliente ¿cuál de los dos pesa más, y por qué?

2. ¿Cuál es el efecto general producido por la diferencia de densidad, con respecto al movimiento del aire?

3. ¿Se puede comprobar ésto con ayuda de una barra de hierro candente?

4. Explíquese cómo la desigualdad de temperatura, en la superficie de la tierra, da origen á los vientos.

5. Explíquese la naturaleza y el origen de las brisas de mar y de tierra.

6. De las zonas de la superficie terrestre ¿cuál es la más caliente, y por qué?

7. Explíquese la naturaleza y el origen de los vientos aliseos ó generales.

8. ¿Cómo el vapor de agua causa movimiento en la atmósfera?

IV. VAPOR DE AGUA EN EL AIRE. — EVAPORACIÓN Y
CONDENSACIÓN, pág. 44.

1. Dígase la razón por la cual se presenta un ligero vaho en la superficie de un vaso frío colocado dentro de una habitación caliente.

2. ¿Cómo varía la aptitud del aire para retener vapor de agua según la temperatura?

3. ¿Por qué, al dirigirse el aliento sobre un espejo ú otra superficie fría, se cubre de vaho dicha superficie, y cómo se explica el fenómeno de la nube que sale de la boca á cada expiración en tiempo frío?

4. ¿Cuál es el punto de rocío?

5. ¿Cómo se introduce en el aire el vapor de agua?

6. ¿En qué caso es más activa la evaporación, y en qué caso lo es menos?

7. Explíquese la causa de la sensación de frío que se siente al dejar evaporarse una gota de agua sobre el dorso de la mano.

V. ROCÍO, NEBLINA, NUBES, pág. 48.

1. Cítense algunos ejemplos de la condensación del vapor.

2. Explíquese la formación del rocío.

3. Dígase cómo se forman neblinas en las montañas.

4. Explíquese el origen de la neblina que se suele ver á menudo elevarse de la superficie de los ríos después de ponerse el sol.

5. Dése cuenta de la formación de las nubes.

VI. DE DÓNDE VIENEN LA LLUVIA Y LA NIEVE, pág. 53.

1. ¿De qué manera desaparecen del cielo las nubes?

2. Explíquense la formación y la caída de la lluvia.

3. ¿En qué formas diferentes se presenta el agua?

4. ¿Qué es hielo, y cuándo se forma?

5. ¿Qué es nieve? Describase un copo de nieve.

6. ¿Qué es granizo? ¿Y agua nieve?

7. Describase la circulación del agua entre el aire y la tierra.

CIRCULACIÓN DEL AGUA EN LA TIERRA.

I. LO QUE SE HACE LA LLUVIA, pág. 57.

1. ¿Cómo no decrecen visiblemente los mares, los lagos y los ríos, á pesar de perder tanta agua por evaporación?
2. ¿Qué papel desempeña el mar en lo tocante á suministrar humedad al aire?
3. ¿Qué se hace la parte de la lluvia que cae en el mar?
4. ¿Qué cantidad de agua se estima que cae anualmente en las Islas Británicas?
5. ¿Qué se hace la lluvia que cae sobre la tierra? (Véase el Ar.^o 106.)
6. ¿Cómo se puede comprobar que, no obstante meterse en la tierra una cantidad considerable de lluvia, ésta no se separa permanentemente de la circulación?

II. CÓMO SE FORMAN LOS MANANTIALES, pág. 61.

1. ¿Cómo difieren entre sí la arcilla y la arena, con respecto á la propiedad de dejarse penetrar por el agua?
2. ¿Qué resultados produce esta diferencia en las diversas clases de terrenos?
3. De que el agua se acumula en cualquiera concavidad profunda formada en el suelo, ¿qué se puede inferir acerca de los movimientos del agua subterránea?
4. ¿Qué vías naturales hay preparadas para el paso del agua, aun á través de las rocas más duras?
5. Explíquese la existencia de lugares pantanosos en los terrenos quebrados.
6. ¿Qué son manantiales?
7. Dígase por qué el agua brota de entre dos capas de rocas en los lados de los valles.
8. Explíquese el origen de los manantiales profundos.
9. ¿Cómo se halla demostrada en los pozos y las minas la circulación subterránea del agua?

III. TRABAJOS SUBTERRÁNEOS DEL AGUA, pág. 66.

1. El agua clara de manantial, ¿contiene alguna materia extraña? ¿Cómo se puede contestar esta pregunta prácticamente?

2. ¿Qué disoluciones ordinarias sirven para hacer ver que el agua clara y cristalina puede contener una gran cantidad de materia extraña, si bien en estado invisible?

3. ¿De dónde deben proceder las materias que se hallan disueltas en el agua de manantial?

4. ¿Puede desempeñar la lluvia respecto de la purificación del aire?

5. ¿De dónde recibe el agua de lluvia el ácido carbónico que acarrea debajo de la superficie terrestre?

6. ¿Qué efecto produce en muchas clases de rocas el agua que contiene ácido carbónico?

7. Explíquese cómo se verifica esta acción en los países en que abundan las rocas calizas.

8. ¿En qué se diferencia el agua dulce de la cruda?

9. ¿Tienen algo que ver con el crecimiento de las plantas y de los animales, las sustancias traídas desde las entrañas de la tierra á la superficie por el agua de manantial?

10. ¿Cómo se originan los túneles y cavernas subterráneas?

IV. CÓMO SE DESMORONA LA SUPERFICIE DE LA TIERRA, pág. 70.

1. ¿Qué cambios suelen verificarse en las obras de albañilería que han estado expuestas algún tiempo al aire?

2. Cítese un ejemplo de la manifestación de semejantes cambios en otras cosas además de las obras humanas.

3. Explíquese qué papel desempeña el ácido carbónico en el desmoronamiento de las rocas de la superficie terrestre.

4. Dígase qué efecto produce en el hierro y en muchas rocas el oxígeno contenido en el agua llovediza.

5. Explíquese cómo contribuyen las heladas á la destrucción del terreno y de las rocas.

6. ¿Qué efecto producen en las rocas los cambios de temperatura repentinos?

7. Dígase qué resultado general producen en la superficie de la tierra todos estos agentes destructores, y cómo su acción es útil en hacer de la tierra una morada propia para las plantas y los animales.

V. LO QUE SE HACEN LAS PARTES DESMORONADAS DE LAS ROCAS.
CÓMO SE HACE EL TERRENO, pág. 78.

1. ¿De qué se compone el terreno ó tierra vegetal común de los jardines?

2. ¿Qué significa la acción química de la lluvia?

3. Explíquese la acción mecánica de la lluvia.

4. ¿Cuál es la naturaleza del procedimiento por el cual se hace el terreno?

5. Dígase cómo el terreno está continuamente renovándose.

6. ¿Cómo ayudan las plantas en la formación del terreno?

7. ¿Qué papel desempeñan los gusanos comunes en esa operación?

8. ¿En qué sentido se puede decir que la superficie general de la tierra se va trasladando de continuo hacia el mar?

9. ¿Cómo dan idea los arroyos y los ríos del grado de destrucción que está sufriendo la superficie de la tierra?

VI. ARROYOS Y RÍOS. SU ORIGEN, pág. 83.

1. Describáse la manera como se forman, en pequeño, los arroyuelos y ríos en la pendiente de una carretera durante un aguacero fuerte.

2. ¿Porqué corren los ríos y arroyos?

3. ¿Qué son lagos?

4. ¿Por qué se escurre de la superficie de la tierra el agua en forma de ríos y arroyos;

5. ¿Qué cambios sufren los innumerables arroyuelos conforme van bajando de los terrenos altos á los bajos?

6. ¿Qué es vertiente ó línea de división de las aguas?

7. ¿Por qué continúan corriendo los ríos, aun durante el tiempo seco?

8. Dígase la razón por la cual algunos ríos, como el Rin, estén más crecidos en el verano.

9. ¿Qué se hace toda el agua superflua de la tierra?

VII. ARROYOS Y RÍOS. SU TRABAJO, pág. 90.

1. Cítese un ejemplo de la grandísima cantidad de materias invisibles que un río acarrea, en disolución química al mar.

2. ¿Por qué aparecen turbias las aguas de los ríos durante las avenidas?

3. ¿De dónde provienen el cascajo y los trozos de piedra que se encuentran en el lecho de las corrientes, y por qué estas piedras suelen presentarse de forma redonda?

4. Explíquese el origen de las concavidades redondas que se ven á veces en el lecho de los ríos.

5. ¿Cómo se han formado las hondonadas y barrancas en el curso de los arroyos y ríos?

6. Describase el aspecto que presenta el álveo de un río en menguante.

7. Explíquese el origen de los escalones planos que suelen notarse en las márgenes de algunos ríos.

8. Describase un delta, y dígase como se puede formar en un río, en un lago ó en el mar.

9. ¿Adónde van á parar el limo y cascajo que son acarreados más allá de los deltas.

VIII. CAMPOS DE NIEVE Y HELADERAS, pág. 97.

1. ¿Qué quiere decir línea de las nieves perpetuas?

2. ¿A qué altura se encuentra en las cercanías del ecuador y en las regiones glaciales ó polares?

3. ¿Cómo permanecen eternas las nieves más arriba de esa línea?

4. ¿Cómo desaparece la nieve de debajo de dicha línea?

5. ¿De qué manera puede causar grandes estragos la fundición repentina de las nieves?

6. ¿Qué se hacen las enormes masas de nieve que se acumulan sobre la línea de las nieves perpetuas?

7. ¿Cómo se forman las heleras?
8. ¿Qué fenómenos se verifican en las heleras conforme van bajando á los valles?
9. ¿Qué son morainas?
10. ¿Cómo se meten piedras y tierra por debajo de las heleras?
11. ¿Qué hace las heleras con las piedras, tierra y arena así introducidas?
12. ¿Cómo se explica el estado fangoso del agua que salta del extremo inferior de las heleras?
13. ¿En qué parte del globo se hallan las heleras más grandes?
14. Explíquese la formación de las heleras.
15. ¿Qué pruebas tenemos de haber habido antiguamente heleras en países tales como la Gran Bretaña, donde ya no existen?

EL MAR

I. AGRUPACIONES DE MAR Y TIERRA, pág. 109.

1. ¿Qué extensión de la superficie del globo ocupan la tierra y el agua respectivamente?
2. ¿Qué diferencia general se nota entre la disposición de la tierra y la del agua en la superficie del globo?
3. ¿De qué lado del ecuador existe la mayor parte de la tierra?
4. ¿Qué parte de la superficie del globo se encuentra en el centro del hemisferio sólido?
5. ¿Qué son continentes é islas?
6. ¿Qué son océanos?

II. POR QUÉ EL MAR ES SALADO, pág. 112.

1. ¿En qué se diferencia particularmente el agua de mar de la común de manantial y de río?
2. ¿Qué sucede cuando se deja evaporar una gota de agua de mar sobre un pedazo de vidrio?
3. ¿De dónde provienen las materias minerales contenidas en el agua de mar?

4. ¿Cuál es el grado respectivo de salazón del Océano Atlántico y el Mar Muerto?

III. MOVIMIENTOS DEL MAR, pág. 114.

1. ¿Cuál es la forma de movimiento más común y más evidente en el mar?

2. ¿De qué manera se hacen perceptibles en las playas pendientes los movimientos de flujo y reflujo del mar?

3. ¿Qué es movimiento superficial, y cómo se revela á menudo?

4. ¿Qué son corrientes marinas ó oceánicas, y de qué manera suelen á veces manifestarse?

5. ¿Cómo se explica, con una palangana ó una artesa de agua, la formación de las olas?

6. ¿Qué relación existe entre los movimientos del aire y las ondas y olas del mar?

7. ¿Qué efecto general producen las olas en las orillas de la tierra expuestas á su acción?

8. Explíquese la evaporación de moler las olas el cascajo y la arena sobre las playas.

9. ¿Cómo demuelen las olas una costa roqueña?

IV. EL FONDO DEL MAR, pág. 120.

1. ¿Cuál es el carácter general del suelo del mar, comparado con la superficie de la tierra?

2. ¿Cómo se obtienen los conocimientos que poseemos acerca del fondo del mar?

3. ¿Cuál es la profundidad del Océano Atlántico, según resulta de las exploraciones hechas antes de la colocación del cable telegráfico submarino entre la Gran Bretaña y la América del Norte?

4. ¿Cuál es la mayor profundidad del Atlántico, según las exploraciones hasta hoy hechas en dicho océano?

5. ¿Cuál es la profundidad general de gran parte del mar?

6. ¿En qué partes del mar suelen encontrarse la mayor y la menor profundidad respectivamente?

7. ¿Cuál es la mayor profundidad del Mar del Norte?
8. ¿Cuánta parte de la Catedral de San Pablo, de Londres, se hallaría sumergida si se colocara dicho edificio en medio del estrecho ó paso de Calais?
9. ¿Qué es *draga*, y para qué sirve?
10. ¿Qué descubrimientos se han hecho por medio de la draga, acerca de los seres vivientes que habitan en el suelo del mar á grandes profundidades?
11. Cítese una de las diferencias importantes que se notan entre la superficie desmoronadiza de la tierra (Artículos 123-142), y el fondo del mar.
12. ¿A qué parte del mar se halla limitada la acción destructiva de las olas?
13. ¿Cómo van dispuestos el limo, la arena y el cascajo que, procedentes de la superficie desmoronadiza de la tierra, son acarreados al mar?
14. ¿Qué se hacen los despojos de las conchas, los corales y demas seres en el suelo del mar?
15. ¿Qué son bancos de conchas?
16. ¿Qué son arrecifes de coral y atoles, y cómo se forman?
17. ¿Cuál es la naturaleza del limo con que se halla cubierta la mayor parte del fondo del Atlántico?
18. ¿En qué se conoce con toda seguridad que ciertas rocas deben haberse hallado antes en el fondo del mar?

EL INTERIOR DE LA TIERRA, pág. 128.

1. ¿Es muy grande, con respecto al diámetro total del globo, la distancia desde la cima del pico más alto al fondo de la mina más profunda?
2. ¿Qué es volcán?
3. Menciónense las diversas materias que vomita un volcán.
4. ¿Qué indicios proporcionan esas materias acerca del estado de lo interior de la tierra?
5. Describáse una erupción volcánica.
6. Refiérase la historia del Vesuvio.
7. Díganse los nombres de algunos de los volcanes de Europa, de América y de Asia y de los países en que se hallan.

8. ¿Qué luz arrojan sobre el estado de cosas existente en lo interior de la tierra las fuentes termales?

9. ¿Qué hecho se ha observado relativamente al aumento de temperatura, á medida que se baja desde la superficie hacia el centro de la tierra, y de él qué se deduce?

10. ¿Qué son terremotos, y dónde ocurren con más frecuencia?

11. Cítense algunos datos al apoyo de la afirmación de que se va verificando, lentamente, un cambio de nivel en varias partes de la superficie terrestre.

12. Explíquese de qué modo la acción del calor interior de la tierra contraresta la general bajada de nivel debida á la acción destructiva del aire, de la lluvia, de las heladas, de los ríos, de las heleras y del mar?

13. ¿De qué manera se formaron los más de nuestros montes y valles?

FIN

EN LA MISMA LIBRERÍA

CARTILLAS CIENTÍFICAS :

- Nociones de economía política**, por STANLEY JEVONS, 1 tomo en 12.°, holandesa.
- Nociones de geografía física**, por ARCHIBALDO GEIKIE, 1 tomo en 12.°, holandesa.
- Nociones de geometría inventiva**, por W. J. SPENCER, 1 tomo en 12.°, holandesa.
- Nociones de geología**, por ARCHIBALDO GEIKIE, 1 tomo en 12.°, holandesa.
- Nociones de fisiología**, por el D.^r M. FOSTER, 1 tomo en 12.°, holandesa.
- Nociones de botánica**, por J. D. HOOKER, 1 tomo en 12.°, holandesa.
- Nociones de física**, por BALFOUR STEWART, 1 tomo en 12.°, holandesa.
- Nociones de química**, por H. E. ROSCOE, 1 tomo en 12.°, holandesa.
-
- Compendio de gramática castellana**, dispuesto según la ACADEMIA ESPAÑOLA, 1 tomo en 12.°, holandesa.
- Tratados de ortología y ortografía de la lengua castellana**, por José Manuel MARROQUÍN, novísima edición revisada y aumentada por D. M. de TORO Y GÓMEZ, 1 tomo en 12.°, holandesa.
- Epítome de analogía y sintaxis de gramática castellana**, para la primera enseñanza, según la *Academia española*, nueva edición aumentada por D. M. de TORO Y GÓMEZ, 1 tomo en 12.°, holandesa.
- Nociones de geografía universal**, arreglada para los colegios americanos por D. N. ESTÉVANEZ, obra nueva puesta al corriente de los últimos cambios políticos, 1 tomo, grueso en 12.°, con láminas, y 15 mapas impresos en color etc. holandesa.
- Nuevo diccionario español-alemán y alemán-español** el más completo de los publicados hasta el día, aumentado con una tabla de los verbos irregulares y con la pronunciación figurada por D. ARTURO ENENKEL, 1 tomo en 18.°, tela inglesa.
- Compendio de literatura general y de historia de la literatura española** para uso de los colegios americanos, por D. Fernando SOLDEVILLA, profesor de literatura. 1 tomo en 12.°, tela inglesa.